



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Facultad de Ingeniería

Carrera de Ingeniería Civil

Evaluación y diseño a nivel de prefactibilidad de la intersección: Carretera panamericana y vía rápida Cuenca- Azogues-Biblián

Trabajo de titulación previo a
la obtención del título de
Ingeniero Civil.

Autores:

Marcia del Rocío Martínez Salto

CI: 0302722830

Edwin Patricio Pañi Uguña

CI: 0106834880

Director:

Ing. Juan Marcelo Avilés Ordóñez MSc.

CI: 0103872503

Cuenca, Ecuador

16-octubre-2019



Resumen:

Ecuador en los últimos años ha tenido un importante avance en la construcción y mejoramiento de las vías de comunicación, significando un progreso económico y social, sin embargo, uno de los principales inconvenientes que presentan las vías principales del Austro y del Cañar es el número de intersecciones sobre autopistas y vías rápidas, siendo estas donde se suscitan la mayor cantidad de accidentes viales.

El presente trabajo estudia la intersección ubicada sobre la vía rápida Cuenca-Azogues-Biblián y carretera Panamericana del Cantón Biblián en la cual convergen varios problemas de estrategia de gestión del tráfico, planificación urbana y de transporte, diseño geométrico y falta de señalización. Este proyecto contempla un desarrollo de diferentes etapas: aforo vehicular, levantamiento topográfico, elaboración de dos propuestas de solución y análisis de los resultados que permitan reducir la accidentabilidad acorde a las características del proyecto y a los puntos de conflictos generados.

Se realizó la microsimulación del tránsito de las alternativas planteadas y de la situación actual en el software TRITONE, para la evaluación mediante indicadores de gestión de tránsito, a su vez se analizó la construcción de un diseño a nivel y un paso elevado, este último si bien ayuda a reducir más puntos de conflictos no es la mejor solución debido al impacto económico que provoca, por ello se optó por el diseño a nivel considerando aspectos económicos, del tránsito y ambientales, acorde a la normativa NEVI-12.

Palabras clave: Intersección. Accidentes Viales. Aforos Vehiculares. Puntos De Conflicto. NEVI12. Paso A Desnivel. Microsimulación.



Abstract:

Ecuador in recent years has had an important advance in the construction and improvement of communication routes, meaning economic and social progress, however, one of the main disadvantages of the main roads of Austro and Cañar is the number of intersections on freeways and express roads, being these where the highest number of road accidents occur.

The present work studies the intersection located on the Rapid Route Cuenca-Azogues-Biblián and Panamericana Biblián of Cantón Biblián in which converge several problems of strategy of traffic management, urban and transport planning, geometric design and lack of signaling. This project contemplates a development of different stages: vehicular capacity, topographic survey, elaboration of two solution proposals and analysis of the results that allow to reduce the accidentability according to the characteristics of the project and to the points of conflicts generated.

The simulation of the transit of the proposed alternatives and of the current situation in the TRITONE software was carried out, for the evaluation of service levels. In turn it was done the construction of an overpass, and a design at a level considering economic, traffic and environmental aspects were analyzed. according to the NEVI-12 regulation.

Key Words: Intersection. Road Accidents. Vehicle Gauging. Conflict Points. NEVI12. Overpass, Microsimulation.



Índice de Contenido

Capítulo I: Introducción.....	17
1.1. Introducción.....	17
1.2. Definición del problema	18
1.3. Justificación	19
1.4. Objetivos	19
1.4.1. Objetivo general	19
1.4.2. Objetivos específicos	19
Capítulo II: Metodología.....	20
2.1. Puntos de conflicto	20
2.2. Estudio topográfico.....	21
2.3. Estudio de tráfico	24
2.3.1. Registros del tráfico.....	25
2.3.2. Cálculo del TPDA actual y futuro.....	25
2.3.3. Estudio de giros	38
Capítulo III: Alternativas	42
3.1. Alternativa 1	42
3.1.1. Análisis de los puntos de conflicto	44
3.2. Alternativa 2.....	44
3.2.1. Análisis de los puntos de conflicto	47
Capítulo IV: Microsimulación de tráfico	48
4.1. Consideraciones impuestas.	48
4.2. Indicadores de gestión de tránsito.....	51
4.3. Microsimulación del estado actual.....	53
4.4. Microsimulación de la alternativa 1	55
4.5. Microsimulación de la alternativa 2	57
Capítulo V: Análisis Comparativo.....	59
5.1. Análisis de los resultados	59
5.1.1. Impacto sobre el tráfico.....	59
5.1.2. Impacto Ambiental	62
5.1.3. Impacto Económico	62
Capítulo VI: Diseño geométrico.....	64
6.1. Criterios básicos de diseño	64
6.2. Distancia de cruce	65



6.3. Verificación diseño horizontal.....	66
6.4. Verificación diseño vertical	68
Capítulo VII: Conclusiones Y Recomendaciones.....	70
7.1. Conclusiones	70
7.2. Recomendaciones	71
Referencias	72
Anexos	74



Índice de Tablas

Tabla 1. Códigos de detalle del levantamiento topográfico	22
Tabla 2. Ubicación de las Estaciones de Conteo	24
Tabla 3. Resumen del conteo volumétrico manual de la intersección de estudio.....	27
Tabla 4. Resumen de la composición vehicular de cada estación de la intersección	27
Tabla 5. Hora de Máxima Demandada Vehicular (Hora Pico) de la Intersección	28
Tabla 6. Conteo automático de la autopista Cuenca-Azogues-Biblián carril de Azogues a Cuenca	30
Tabla 7. Factores de Ajuste Semanal Propuestos	30
Tabla 8. Consumo de combustible de la Provincia del Cañar	31
Tabla 9. TPDA actual de la intersección carretera Panamericana y vía rápida Cuenca-Azogues-Biblián	32
Tabla 10. Crecimiento poblacional	33
Tabla 11. Crecimiento del Parque Automotor	33
Tabla 12. Tasas de crecimiento vehicular.....	36
Tabla 13. TPDA proyectado para la estación E1	36
Tabla 14. TPDA proyectado para la estación S1	36
Tabla 15. TPDA proyectado para la estación E2	36
Tabla 16. TPDA proyectado para la estación S2	37
Tabla 17 . TPDA proyectado para la estación E3	37
Tabla 18. TPDA proyectado para la estación S3	37
Tabla 19. TPDA proyectado para la estación E4	37
Tabla 20. TPDA proyectado para la estación S4	38
Tabla 21. Matriz O/D de vehículos livianos para el conteo realizado entre las 8:00 y 18:00 horas.	38
Tabla 22. Matriz O/D de buses para el conteo realizado entre las 8:00 y 18:00 horas.....	39
Tabla 23. Matriz O/D de camiones de 2 ejes (C2) para el conteo realizado entre las 8:00 y 18:00 horas.	39
Tabla 24. Matriz O/D de camiones de 3 ejes (C3) para el conteo realizado entre las 8:00 y 18:00 horas.	39
Tabla 25. Matriz O/D de camiones de 4 (C4) o más para el conteo realizado entre las 8:00 y 18:00 horas.	39
Tabla 26. Matriz O/D total para el conteo realizado entre las 8:00 y 18:00 horas.	40
Tabla 27. Porcentaje matriz O/D para el conteo realizado entre las 8:00 y 18:00 horas.....	40
Tabla 28. Matriz origen/destino de livianos durante la hora pico	49
Tabla 29. Matriz origen/destino de buses durante la hora pico	49
Tabla 30. Matriz origen/destino de camiones (2E, 3E, 4E o más) durante la hora pico.....	49
Tabla 31. Emisiones de CO ₂ , para vehículos convencionales.....	52
Tabla 32. Parámetro de evaluación de seguridad de la intersección (A.P.R.I.).....	52
Tabla 33. Resultado de la microsimulación de la situación actual de la intersección.....	54
Tabla 34. Resultado de la simulación de la alternativa 1	56
Tabla 35. Resultado de la microsimulación de la alternativa 2.....	58
Tabla 36. Resultado de los puntos de conflicto	59
Tabla 37. Criterios básicos de diseño para el alineamiento horizontal.....	64
Tabla 38. Criterios básicos para curvas convexas	64
Tabla 39. Criterios básicos para curvas cóncavas	64



Tabla 40. Comprobación del diseño horizontal para la vía rápida (60 km/h)	67
Tabla 41. Comprobación del diseño horizontal de la carretera panamericana (40 km/h)	67
Tabla 42. Comprobación del diseño vertical	69
Tabla 43. Resultado del diseño vertical	69
Tabla 44. Volumen y Factor de Máxima Demanda ESTACION 1 (E1)	74
Tabla 45. Volumen y Factor de Máxima Demanda ESTACION 2 (S1)	75
Tabla 46. Volumen y Factor de Máxima Demanda ESTACION 3 (E2)	76
Tabla 47. Volumen y Factor de Máxima Demanda ESTACION 4 (S2)	77
Tabla 48. Volumen y Factor de Máxima Demanda ESTACION 5 (E3)	78
Tabla 49. Volumen y Factor de Máxima Demanda ESTACION 6 (S3)	79
Tabla 50. Volumen y Factor de Máxima Demanda ESTACION 7 (E4)	80
Tabla 51. Volumen y Factor de Máxima Demanda ESTACION 8 (S4)	80
Tabla 52. Volumen y Factor de Máxima Demanda de la Intersección	81



Índice de Figuras

Figura 1. a) Punto de divergencia, b) Punto de convergencia, c) Punto de cruce.....	20
Figura 2. Puntos de conflictos actual de la intersección: Carretera Panamericana y Vía rápida Cuenca-Azogues-Biblián y Av. Francisco Calderón	21
Figura 3. Estado actual de la intersección.....	23
Figura 4. Ubicación de las estaciones de conteo.....	24
Figura 5. Formulario para el conteo de volúmenes de tránsito	25
Figura 6. Formulario para el conteo de giros.....	25
Figura 7. Variaciones horarias de las estaciones de la intersección de estudio	28
Figura 8. Variación Horaria Total de la Intersección.....	29
Figura 9. Maniobras que realizan los vehículos en la intersección	38
Figura 10. Estudio del tráfico de giros	41
Figura 11. Crecimiento poblacional anual	33
Figura 12. Crecimiento del parque automotor	34
Figura 13. Esquema de la alternativa 1(Intersección a nivel)	43
Figura 14. Puntos de conflicto de la alternativa 1.....	44
Figura 15. Esquema de la Alternativa 2.....	46
Figura 16. Puntos de Conflicto de la Alternativa 2.....	47
Figura 17. Capacidad ideal para el diseño de carreteras multicarriles	48
Figura 18. Ejemplo de ingreso de datos en el Software TRITONE	50
Figura 19. Microsimulación de la situación actual de la intersección.....	53
Figura 20. Microsimulación de la alternativa 1	55
Figura 21. Microsimulación de la Alternativa 2	57
Figura 22. Velocidades promedio de la intersección	59
Figura 23. Demoras de intersección	60
Figura 31. Tasa de desaceleración.....	61
Figura 25. Índice de Seguridad.....	61
Figura 33. Emisiones de CO2.....	62
Figura 27. Consumo de combustible	62
Figura 28. Distancia de cruce vista en planta	66
Figura 29. Distancia de cruce vista en perfil	66
Figura 30. Elementos de una curva circular para una vía	66



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Yo, **Marcia del Rocío Martínez Salto** en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación ***“EVALUACIÓN Y DISEÑO A NIVEL DE PREFACTIBILIDAD DE LA INTERSECCIÓN: CARRETERA PANAMERICANA Y VÍA RÁPIDA CUENCA-AZOGUES-BIBLIÁN”***, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 15 de octubre de 2019

Marcia del Rocío Martínez Salto

C.I: 0302722830



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Yo, **Edwin Patricio Pañi Uguña** en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación **"EVALUACIÓN Y DISEÑO A NIVEL DE PREFACTIBILIDAD DE LA INTERSECCIÓN: CARRETERA PANAMERICANA Y VÍA RÁPIDA CUENCA-AZOGUES-BIBLIÁN"**, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 15 de octubre de 2019

Edwin Patricio Pañi Uguña

C.I: 0106834880



Cláusula de Propiedad Intelectual

Yo, **Marcia del Rocío Martínez Salto**, autora del trabajo de titulación "**EVALUACIÓN Y DISEÑO A NIVEL DE PREFACTIBILIDAD DE LA INTERSECCIÓN: CARRETERA PANAMERICANA Y VÍA RÁPIDA CUENCA-AZOGUES-BIBLIÁN**", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 15 de octubre de 2019

Marcia del Rocío Martínez Salto

C.I: 0302722830



Cláusula de Propiedad Intelectual

Yo, **Edwin Patricio Pañi Uguña**, autor del trabajo de titulación **"EVALUACIÓN Y DISEÑO A NIVEL DE PREFACTIBILIDAD DE LA INTERSECCIÓN: CARRETERA PANAMERICANA Y VÍA RÁPIDA CUENCA-AZOGUES-BIBLIÁN"**, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 15 de octubre de 2019

Edwin Patricio Pañi Uguña

C.I: 0106834880



AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su infinita bendición me guio y me permitió haber llegado a este momento tan importante de mi vida.

Hago extensa mi gratitud al señor Ingeniero Juan Avilés (Director de tesis), por haber compartido sus conocimientos, quien con su paciencia y rectitud nos brindó su experiencia y motivación para lograr concluir exitosamente con nuestro trabajo de titulación, así como también al MTOP de la provincia del Cañar, de manera especial a la Ingeniera Alexandra García.

Retribuyo mi agradecimiento a mi madre Digna, por ser el pilar más importante y por demostrarme su amor y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones, siempre me ha sabido inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía.

A mis hermanos: Manuel, Alfredo, Marcelo, Tanny y de manera especial a Isabel que con sus palabras me dieron fuerzas para salir adelante en los momentos de adversidad, no tengo palabras para agradecerles las incontables veces que me brindaron su apoyo en todas las decisiones que he tomado a lo largo de mi vida, sin importar si fueron buenas o malas.

Marcia Martínez



AGRADECIMIENTO

Expreso un sincero agradecimiento al Ingeniero Juan Avilés, Director de Tesis, quien, con sus conocimientos, experiencia y valores, nos ayudó a concluir de manera exitosa nuestro trabajo de titulación.

Asimismo, extiendo mi agradecimiento a mis padres y hermanos por brindarme el apoyo necesario durante toda esta carrera universitaria. Así también, agradezco de manera muy especial a mi abuelita María Etelvina por compartir sus vivencias y enseñarme en cada una de ellas que la humildad y sencillez es lo que nos hace grandes como personas.

Finalmente, agradezco a mi compañero Manuel Suarez, por su apoyo constante, quien, con su paciencia y su humildad, ayudó para que este trabajo salga de lo mejor.

Edwin Patricio Pañi



DEDICATORIA

*Es largo y solitario el camino sin ti, pero te llevo en mi mente y en mi corazón y aunque hoy no estés conmigo, sé que desde el cielo me guías e iluminas mis pasos. Esta tesis está dedicada a la memoria de mi padre **Alfonso Martínez**, por ser el ser de luz en mis días oscuros. Te amo papá.*

*Así mismo, quiero dedicar este logro a mi hija **Alina Martina**. Probablemente, en este momento no entiendas mis palabras, pero cuando seas capaz, quiero que te des cuenta de lo que significas para mí, eres la razón de que me levante cada día. Eres mi principal motivación, te adoro hija mía.*

Marcia Martínez



DEDICATORIA

Los triunfos son un acto de esfuerzo y dedicación, nunca dejes de perseguir aquellos sueños que te hacen feliz.

*Dedico este trabajo a dos personas extraordinarias que son mis Padres **Carlos y María** por guiarme y brindarme el apoyo incondicional pese a los obstáculos que en el transcurso se han presentado, así también a mis dos hermanos **William y Marcos** quienes con sus conocimientos y experiencias me impulsaron a seguir adelante.*

*Finalmente dedico este logro de manera muy especial a mi sobrino **Carlitos Iván** por enseñarme que la vida no es perfecta ya que siempre existirán momentos en las cuales nos derrumbamos, pero con paciencia, sacrificio y entrega podemos ser invencibles.*

Edwin Patricio Pañi



Capítulo I: Introducción

1.1. Introducción

La movilidad de las ciudades contribuye a su consolidación, a crear un sistema económico cada vez más globalizado y competitivo en busca de mejores condiciones de vida y facilidades para la ejecución de actividades productivas de la población. De acuerdo al informe Rendición de Cuentas 2017 del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP), Ecuador ha invertido un total de \$ 10.730.334.657,90 en vías terrestres, esto sin duda es un logro a nivel nacional, sin embargo; uno de los mayores inconvenientes que presentan las vías principales del Austro y del Cañar es el número de intersecciones sobre autopistas y vías rápidas, siendo estas donde se presentan los mayores problemas de congestionamiento y accidentabilidad, convirtiéndose en sitios críticos de una red vial (Villalón, Torres, & Flores, 2017). Un claro ejemplo de esto es la intersección carretera Panamericana y vía rápida Cuenca-Azogues-Biblián y la avenida Francisco Calderón ubicado a la salida de la ciudad de Biblián en el kilómetro 9 del tramo III sobre la vía rápida Cuenca-Azogues-Biblián.

La vía rápida Cuenca-Azogues-Biblián empieza su fase de rehabilitación el 01 de agosto de 2013 con una inversión de \$107.953.507,45 (MTOP, 2017), su trayecto de 44 kilómetros de longitud, divididos en 3 tramos: el primero comprendido entre los sectores El Salado y Guangarcucho de 21 kilómetros de longitud, el segundo tramo El Descanso-Azogues de 13 kilómetros de longitud y el tercer tramo comprendido entre los cantones de Azogues y Biblián de 9.65 kilómetros de longitud.

En la mayoría de estudios viales tratan la problemática en intersecciones en zonas rurales, autopistas y vías rápidas. Tal como lo indica Hernández, Vidaña, & Rodríguez (2015) el mal diseño de infraestructuras viales y el uso de controladores de tránsito obsoletos e ineficientes son las principales causas que han ocasionado que varias ciudades en el mundo presenten problemas serios de transporte, los mejores procedimientos son aquellos que ayudan a mitigar los problemas en intersecciones, estos pueden ser variados, yendo desde el rediseño geométrico hasta el desarrollo de sistemas complejos que se ajusten a estas necesidades como las glorietas, intersecciones semaforizadas y pasos a desnivel (p.3).

En Colombia, el uso de nuevos diseños geométricos es parte del plan de movilidad, las intersecciones tipo Diamante Divergente son un estilo especial de alternativa de diseño muy reciente en el mundo para la solución de conflictos viales, su funcionamiento básicamente consiste en un cambio regulado semafóricamente de los sentidos de flujo; hasta el momento su implementación en países de Latinoamérica es nulo (Porras & Martinez, 2011, pp. 10-23).

En Alemania, las primeras glorietas comenzaron a utilizarse en los años 30, en los años 60 cayeron en desuso diseñándose otras tipologías de intersecciones, a finales de los 80 apenas existían glorietas en Alemania. Fue en estos años cuando expertos en tráfico de Alemania comenzaron a experimentar con glorietas para controlar el tráfico, tanto en entornos urbanos como rurales (Gasulla, 2011, pp. 1-10), gracias a los avances en la materia de transporte lograron identificar problemas en cuanto a velocidades, número de carriles así como las entradas y salidas, lo cual permitió un mejor desenvolvimiento del tráfico en esta estructura.



En el año de 1997, la Federal Highway Administration (FHWA) comenzó el desarrollo del proyecto de sistemas de control de tráfico urbano (UTCs), el sistema fue instalado en Washington DC, y se utilizó para desarrollar, probar y evaluar estrategias avanzadas de control de tráfico, el sistema de semaforización contenía 512 detectores de vehículos cuyos resultados se utilizaron para determinar el momento de la señal en 200 intersecciones (Peter, 1996, p. 5) y gracias a la utilización de este sistema, los resultados fueron favorables ya que disminuyó el número de accidentes, además de minimizar el tiempo de cada viaje.

El paso a desnivel es un conjunto de ramales que se proyecta para facilitar el paso de tránsito entre unas carreteras que se cruzan en niveles diferentes. También puede ser la zona en la que dos o más carreteras se cruzan a distinto nivel para el desarrollo de todos los movimientos posibles de cambio de una carretera a otra, con el mínimo de puntos de conflicto posible (Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008)

El puente Lord de la ciudad de Lowell, Massachusetts, ha ayudado al mejoramiento del tránsito vehicular en una intersección muy congestionada, está se encuentra sobre una intersección formada por la calle Thorndike al norte y hacia el sur en Middlesex Street, considerada como una de las calles más transitadas. El puente Lord ha ayudado desde hace más de 50 años a los habitantes de la región a llegar más rápido ya que desde su construcción minimizó tiempos de espera en los cruceros, así como accidentes de tráfico y embotellamientos (Chris, 2015, p. 1).

En comparación con otros tipos intersecciones a nivel, tal y como lo menciona Bastos, Vasconcelos, & Santos (2015) en su artículo, las glorietas responden de manera más eficientemente a múltiples funciones como la regulación del tráfico y son particularmente populares para permitir las operaciones de flujo vehicular con el aumento de la seguridad a pesar de su excelente rendimiento. Por otro lado, se tiene que la experiencia internacional en los últimos 40 años ha demostrado que la implementación y la operación de una rotonda puede ser una tarea compleja, esto por la indecisión del conductor, la incomprensión de las reglas de conducción puede generar conflictos y accidentes en la calzada circulatoria. Estos accidentes, aunque no suelen ser graves, son frecuentes y, a menudo afectan el flujo de tráfico normal (pp. 3-9).

1.2. Definición del problema

La intersección carretera Panamericana y vía rápida Cuenca-Azogues-Biblián y la avenida Francisco Calderón carece de un diseño geométrico adecuado, falta de visibilidad, insuficiente señalización (MTOP, 2017). Las maniobras del conductor y el cruce de movimientos direccionales a nivel se ven afectado por una gran cantidad de puntos de conflicto que han causado la muerte a varios usuarios que transitan la vía, que de acuerdo con datos oficiales proporcionados por la Policía Nacional de tránsito en una reunión el 6 de diciembre de 2018, en dicha intersección se ha registrado 9 accidentes que han concluido con lesiones fatales desde el 2014.



1.3. Justificación

La intersección es de mucha importancia debido a que es la única vía que conectan a la ciudad de Biblián con la mayoría de cantones de la provincia del Cañar como la Troncal, Suscal, Tambo, Cañar, Azogues y con parte de la provincia del Azuay, permitiendo el comercio a nivel nacional y por ende el desarrollo económico y social de la ciudad de Biblián. Por ello el trabajo descrito en este documento, pretende evaluar la situación actual y proponer dos posibles propuestas de solución con el objetivo de mejorar la seguridad vial tanto del conductor como del peatón mediante un rediseño a nivel de prefactibilidad que contemple parámetros geométricos que cumplan con la normativa NEVI-12 y que ayuden a disminuir el número de puntos de conflicto y con ello el grado de accidentabilidad, mediante la simulación del tránsito en el software TRITONE, para la elección de la mejor alternativa se discutirá desde el punto de vista de los indicadores de la gestión del tránsito en términos de seguridad vial y emisiones de CO₂.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar el funcionamiento de la intersección mediante simulación del tráfico. Proponer dos alternativas de solución mediante el rediseño de la intersección minimizando el número de conflictos y los potenciales eventos que pudieran traducirse en accidentes fatales y aumentar la seguridad de los usuarios.

1.4.2. Objetivos específicos

- ✚ Evaluar el estado actual de la intersección de estudio.
- ✚ Plantear dos posibles soluciones desde el punto de vista de tránsito a fin de garantizar la seguridad de los usuarios.
- ✚ Realizar un análisis comparativo a fin de seleccionar la mejor, entre la situación actual y las soluciones propuestas.
- ✚ Diseñar a nivel de prefactibilidad de la alternativa seleccionada.

Capítulo II: Metodología

Para la implementación de mejoras en la intersección es esencial realizar un análisis y evaluación de la misma. Por ello, para el desarrollo del presente capítulo se realiza una evaluación de los puntos de conflicto y la segunda parte se enfoca en la metodología para el cálculo del volumen del tránsito.

2.1. Puntos de conflicto

Una intersección es definida como la unión o cruce de diferentes movimientos direccionales vehiculares en un mismo nivel (AASTHO, 2001). El cruce de movimientos direccionales se ve afectado por una gran cantidad de puntos de conflictos, los cuales son los puntos potenciales de accidentes dada su relación con la intensidad del tránsito. Según García, Vidaña, & Rodríguez (2015) los puntos de conflicto que se pueden presentar en una intersección son tres: el primero es el punto de divergencia (figura 1a), en el cual una trayectoria común se separa para tomar distintas direcciones, el segundo es el punto de convergencia (figura 1b) dos o más trayectorias se unen para formar una en común. Por último, el tercer punto de conflicto que se puede presentar es el punto de cruce (figura 1c) este punto es donde dos trayectorias diferentes ocupan temporalmente el mismo lugar, en tiempo y espacio (p. 52).

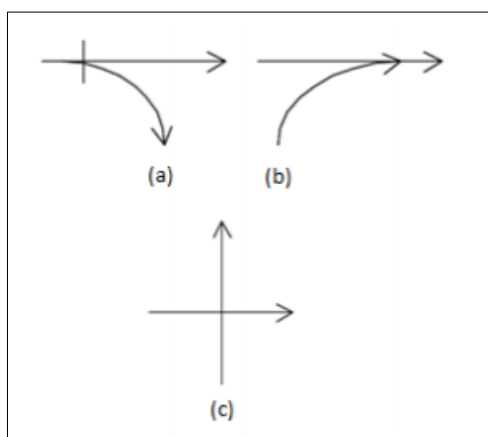


Figura 1. a) Punto de divergencia, b) Punto de convergencia, c) Punto de cruce

Fuente: “Análisis y Evaluación de Intersecciones Urbanas”, de García, Vidaña, & Rodríguez, 2015, p.52, Juárez, México, Culcyt/Vialidad

De acuerdo con lo descrito en el párrafo anterior, se trazan las maniobras realizadas por parte de los conductores obteniendo los siguientes puntos de conflicto potenciales que se da en la intersección: carretera Panamericana y vía rápida Cuenca-Azogues-Biblián y avenida Francisco Calderón como se indica en la Figura 2.

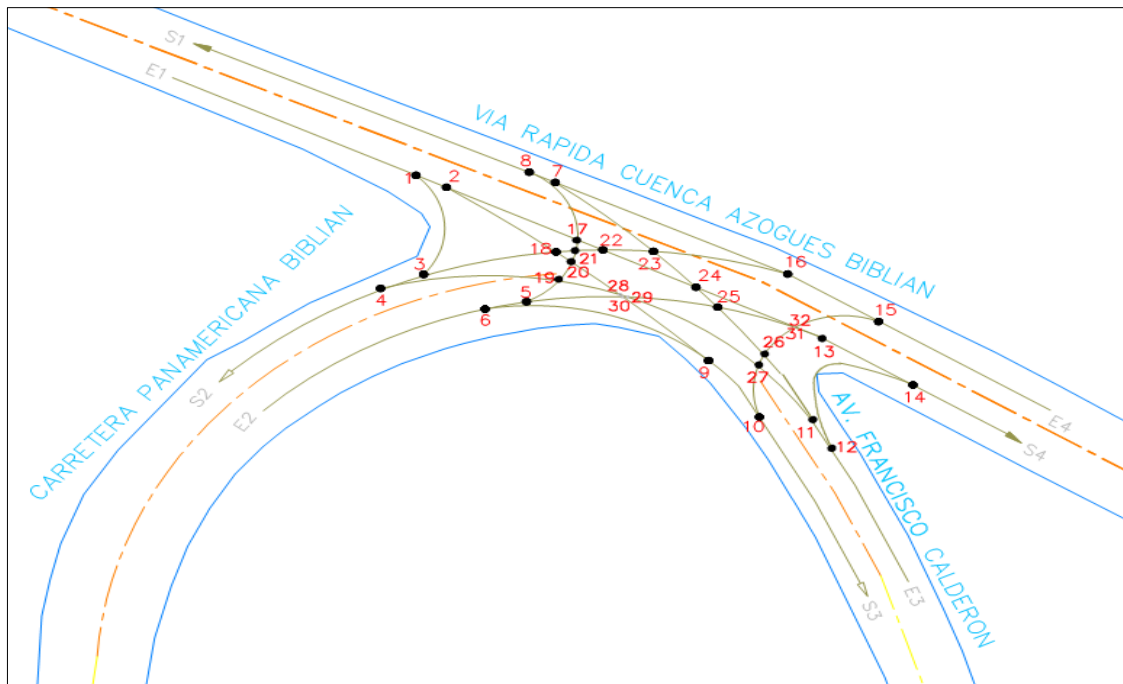


Figura 2. Puntos de conflictos actual de la intersección: Carretera Panamericana y Vía rápida Cuenca-Azogues-Biblián y Av. Francisco Calderón

Se puede observar en la Figura 2, existen 32 puntos de conflicto en la intersección de estudio, donde 8 puntos son de tipo divergente, 8 puntos de tipo convergente y 16 puntos de tipo cruce. Dado que es una intersección no semaforizada, el conductor debe encontrar el momento exacto y seguro para realizar el movimiento deseado, este conjunto de rutas no previstas y la percepción del conductor al momento de tomar decisiones generan zonas de conflicto potenciales, lo cual afecta a la posibilidad de que ocurra accidentes. En esta intersección se puede observar que las colisiones más comunes en esta intersección son las generadas por los puntos de tipo cruce, que según Torres (2012) son las que se producen por el encuentro de dos trayectorias ortogonales y por lo general son las que dan lugar a las colisiones más severas y en las cuales se presenta una mayor posibilidad que existan fatalidades (p. 58)

El reducir los puntos de conflicto o separándolos, es una de las mejores maneras para optimizar la seguridad de una intersección (García, Vidaña, & Rodríguez, 2015). Para la mitigación y solución de los diferentes puntos de conflicto, se optó por dos posibles soluciones: la canalización de flujos o la implementación de un paso elevado.

2.2. Estudio topográfico

La topografía se realizó entre los días 4-6 de septiembre del 2018. Se llevó a cabo una visita de campo la cual permitió ubicar la poligonal, el levantamiento se efectuó con una estación total TRIMBLE, proporcionada por la Universidad de Cuenca, con precisión angular de 2 segundos y lineal de $1\text{mm} \pm 2\text{ppm}$ visual de 3000 metros con prisma y 400 metros de reflexión directa.



El levantamiento topográfico se realizó 200 metros a cada acceso de la intersección y se asignaron códigos a los detalles relevantes del terreno que se iba a levantar (Tabla 1) y un registro fotográfico, esto con el fin de agilizar la actividad de campo y minimizar inconvenientes en la generación del modelo digital, el levantamiento se referencio en sistema WGS84.

La confiabilidad de los datos se garantizó en campo, donde se efectuaron en cada cambio de estación chequeos a la vista atrás, verificando que los errores no superen 0,002 metros.

Tabla 1. Códigos de detalle del levantamiento topográfico

DETALLE	CÓDIGO
Vía	VIA
Veredas	VERE
Edificaciones	CASA
Postes de luz	POSTE
Predios urbanos	TERR
Gasolinera	GASO
Cerramientos	CERRA
Tapa de alcantarillado	ALCANTA

Una vez culminado el trabajo de campo se inició el trabajo en oficina, a partir de la generación de curvas de nivel se pudo establecer la forma del terreno, luego se realizó la topografía a detalle de la intersección con la ayuda del software AutoCAD Civil 3D, como se puede observar en la Figura 3.

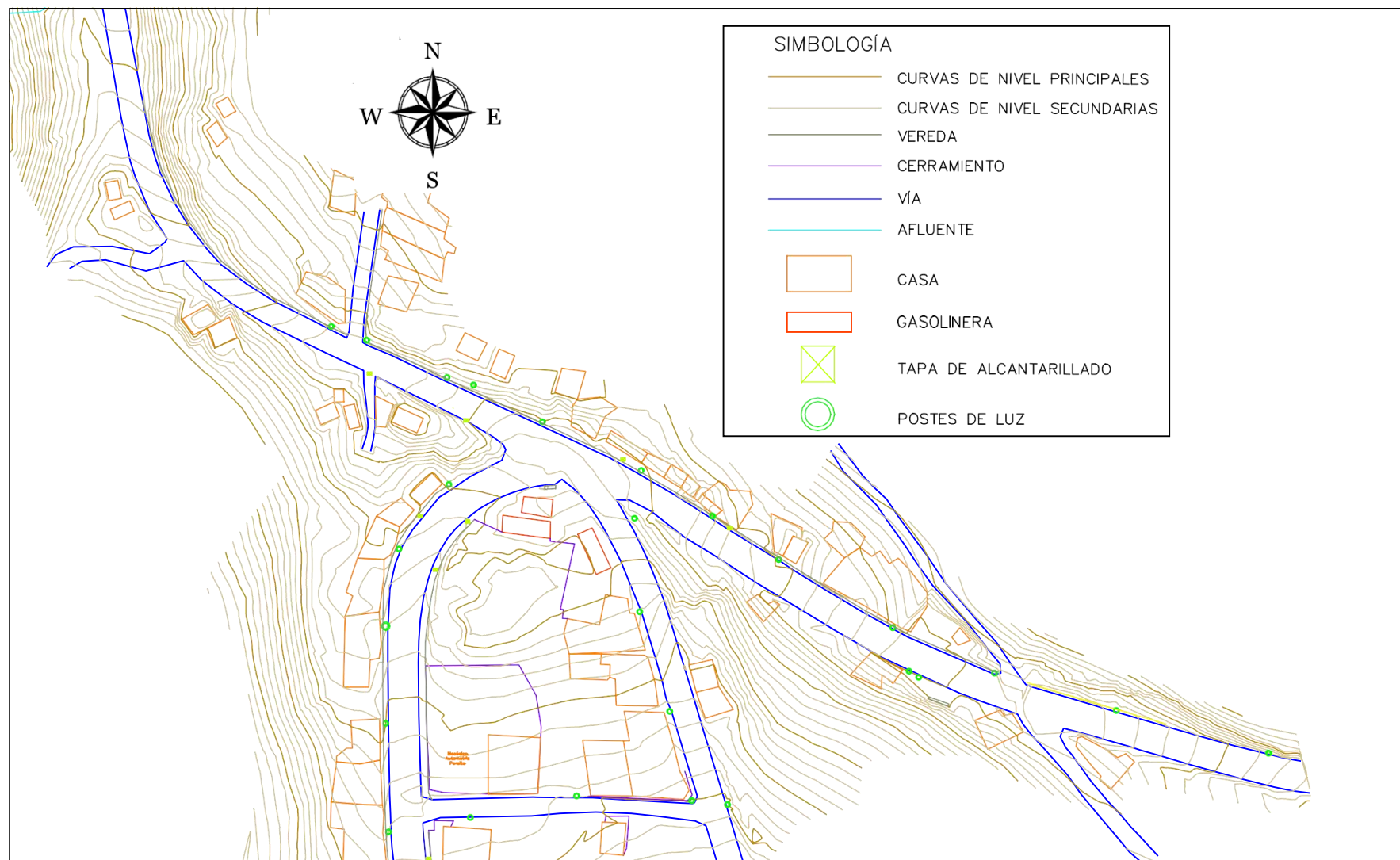


Figura 3. Estado actual de la intersección.

2.3. Estudio de tráfico

El conteo del tráfico manual se realizó el día miércoles 12 de septiembre de 2018 desde las 8:00 am hasta las 18:00 pm, en intervalos de 15 minutos durante 10 horas continuas, se estableció 8 estaciones de conteo. El trabajo se lo realizó con el apoyo de 8 personas, ubicadas, una en cada estación de conteo.

Tabla 2. Ubicación de las Estaciones de Conteo

ESTACIÓN	SÍMBOLO	UBICACIÓN
EST_1	E1	Vía Rápida (a Cañar)
EST_2	S1	Vía Rápida (a Cuenca)
EST_3	E2	Carretera Panamericana y Vía Rápida
EST_4	S2	Vía Rápida y Carretera Panamericana
EST_5	E3	Av. Francisco Calderón y Vía Rápida
EST_6	S3	Vía Rápida y Av. Francisco Calderón
EST_7	E4	Vía Rápida (a Cuenca)
EST_8	S4	Vía Rápida (a Cañar)

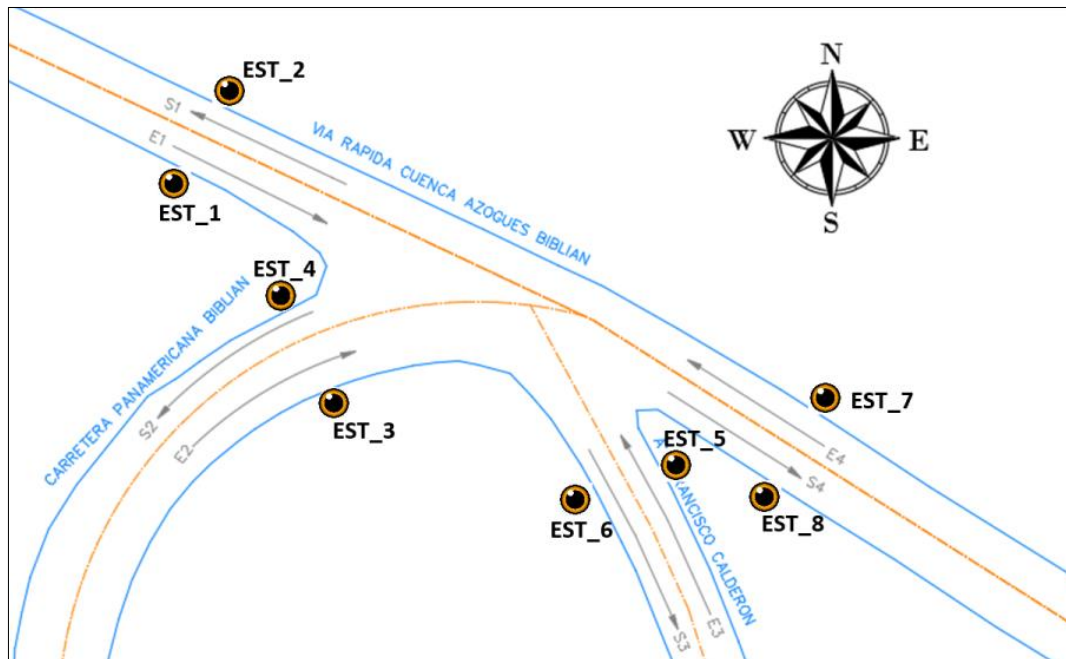


Figura 4. Ubicación de las estaciones de conteo

En general, el día en que se realizó el aforo vehicular se pudo observar que la intersección presenta un tráfico desordenado es decir los vehículos tienden a realizar giros innecesarios en cualquier lugar de la intersección, en base a una inspección en campo dicha intersección carece de señalización horizontal y vertical, sumándole a esto la cantidad de puntos de conflicto (Figura 3), conlleva a generar inseguridad al momento de transitar sobre dicha intersección.

2.3.1. Registros del tráfico

Para la realización del conteo se utilizó el formulario que se presenta en la Figura 5 y para los giros el formulario de la Figura, donde se registró el número de vehículos que pasa por un tramo dado de un carril, considerando los giros durante un periodo de tiempo determinado (Cali, 2006) para el estudio en intervalos de 15 minutos y para cada tipo de vehículo.

CONTEO VOLUMETRICO CLASIFICADO							
INTERSECCIÓN:		ENCUESTADOR:		FECHA:			
ESTACIÓN N°:		SENTIDO:		N-S	S-N	E-O	O-E
		HORA INICIO:		HORA FINAL:			
PERIODO DE 15 min	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES			MOTOS	BICICLETAS
			2 EJES	3 EJES	4 EJES O MAS		

Figura 5. Formulario para el conteo de volúmenes de tránsito

Fuente: "Highway Capacity Manual", de Transportation Research Board, 2000, Washington DC, United States.

CONTEO CLASIFICADO DE GIROS DEL TRÁFICO													
INTERSECCIÓN:		ENCUESTADOR:		FECHA:									
ESTACIÓN N°:		SENTIDO:		N-S	S-N	E-O	O-E						
		HORA INICIO:		HORA FINAL:									
PERIODO DE 15min	HACIA LA DERECHA						PERIODO DE 15min	HACIA LA IZQUIERDA					
	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES		TRAILERS	MOTOS		LIVIANOS	BUSES	CAMIONES		TRAILERS	MOTOS
			2 EJES	3 EJES						2 EJES	3 EJES		

Figura 6. Formulario para el conteo de giros

Fuente: "Highway Capacity Manual", de Transportation Research Board, 2000, Washington DC, United States.

Como se observa en la Figura 5 y Figura 6 el conteo y los giros fueron clasificados según el tipo de vehículos como: livianos, buses, carga pesada (camiones de 2 ejes, camiones de 3 ejes y tráiler o camiones de 4 ejes o más), motos y bicicletas.

2.3.2. Cálculo del TPDA actual y futuro

2.3.2.1. Cálculo de volumen del tránsito

Los estudios sobre los volúmenes de tránsito son realizados con el propósito de obtener información relacionada con el movimiento de vehículos y/o personas sobre puntos específicos dentro del sistema vial, dichos volúmenes de tránsito son expresados con respecto al tiempo (Cal, Reyes, & Cardenas, 2006). Para obtener el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) es necesario considerar los siguientes conceptos básicos:

- **Volumen del tránsito:** se define como el número de vehículos que pasan por un punto durante un tiempo específico (Cal, Reyes, & Cardenas, 2006). Los volúmenes de tránsito pueden ser: anuales, mensuales, semanales, diario y horario. Los periodos de tiempo más usados son la hora y el día, teniendo de esta manera el tráfico horario (TH) y el tráfico diario (TD).



- **Volumen horario de máxima demanda (VHMD):** es el máximo número de vehículos que pasan por un punto o sección de un carril durante 60 minutos consecutivos (Cal, Reyes, & Cardenas, 2006). Es el representativo de los periodos de máxima demanda que se pueden presentar durante un día particular, es decir, es la hora pico.
- **Factor horario de máxima demanda (FHMD):** es la relación entre el volumen de máxima demanda (VHMD) y el flujo máximo (Q_{max}) que se presenta durante un periodo dado dentro de dicha hora. Se expresa como:

$$FHDM = \frac{VHMD}{N(Q_{max})} \quad \text{Ecuación 1}$$

donde: N= número de periodos durante la hora de máxima demanda. Los periodos de máxima demanda pueden ser de 5, 10 y 15 minutos. Para el caso de la intersección se usará un periodo de 15 minutos.

El factor horario de máxima demanda es un indicador de las características del flujo de tránsito en períodos máximos. Indica la forma como están distribuidos los flujos máximos dentro de la hora, su mayor valor es la unidad lo que quiere decir que el flujo vehicular es uniforme en el período de una hora, cuando este valor es bastante menor que la unidad indica concentración de flujos máximos en períodos cortos dentro de la hora, lo que puede derivar en congestión.

- **Tráfico promedio diario (TPD):** se define como el número total de vehículos que pasan durante un período dado (en días completo) igual o menor a un año y mayor a un día, dividido entre el número de días del periodo (Cal, 2006).

$$TPD = \frac{N}{T} \quad \text{Ecuación 2}$$

donde: N: representa al número de vehículos.

T: es el período de tiempo en el rango $1 \text{ día} < T < 1 \text{ año}$.

De acuerdo al número de días de cada período se obtiene los siguientes tráfico promedios:

$$- \text{Tráfico promedio diario semanal (TPDS)} = \frac{TS}{7} \quad \text{Ecuación 3}$$

$$- \text{Tráfico promedio diario mensual (TPDM)} = \frac{TM}{30} \quad \text{Ecuación 4}$$

$$- \text{Trafico promedio diario anual (TPDA)} = \frac{TA}{365} \quad \text{Ecuación 5}$$

- **Trafico promedio diario anual (TPDA):** se define como el valor promedio de los flujos vehiculares correspondientes a un año calendario (NEVI, 2013). Para obtener este dato se debería colocar estaciones de conteo permanentes durante las 24 horas y durante todos los días del año, para obtener este valor se usará el método de los factores que esta aceptado por los entes respectivos de regulación y control.

2.3.2.2. Volúmenes del tránsito

El registro de los vehículos aforados en campo se realizó en intervalos de 15 minutos por un periodo de 10 horas consecutivas de la intersección vía rápida Cuenca-Azogues-Biblián y Carretera Panamericana, así como el cálculo del volumen del tránsito, distribución vehicular y factor horario de máxima demanda (FHMD) de cada acceso de la intersección y de la intersección total se presentan en los anexos de volúmenes de tránsito.

A continuación, en la Tabla 3 se presenta el resumen de los volúmenes de tránsito de cada acceso para el intervalo de tiempo que duro el aforo.

Tabla 3. Resumen del conteo volumétrico manual de la intersección de estudio

ESTACIÓN	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES			MOTOS	BICI	TOTAL
			2 EJES	3 EJES	4 EJES O MAS			
E1	1192	16	249	51	123	3	1	1635
S1	1344	17	244	38	96	7	1	1747
E2	747	72	57	7	1	6	2	892
S2	822	81	77	7	3	13	0	1003
E3	188	1	18	0	0	6	0	213
S3	116	3	8	0	0	1	0	128
E4	2170	90	288	41	98	19	2	2708
S4	2172	99	321	50	137	19	1	2799

En la Tabla 3, se puede observar que los mayores flujos pasaron por el acceso E4 y salida S4 con un valor de 2708 vehículos y 2799 vehículos respectivamente y en menor cantidad por el acceso E3 y salida S3 pasaron 213 vehículos y 128 vehículos respectivamente, lo cual representa un volumen vehicular muy variado en la intersección.

Posteriormente se presenta una tabla resumen de la composición vehicular del tránsito y el factor horario de máxima demanda para cada estación de la intersección de estudio

Tabla 4. Resumen de la composición vehicular de cada estación de la intersección

ESTACIÓN	VHMD	Qmax	FHMD	COMPOSICIÓN DEL TRÁNSITO (%)						
				LIVIANOS	BUSES	C 2 EJES	C 3 EJES	C 4 O MAS	MOTOS	BICI
E1	196	54	0,91	72,9%	1,0%	3,1%	7,5%	7,5%	0,2%	0,1%
S1	236	67	0,88	76,9%	1,0%	2,2%	5,5%	0,4%	0,1%	0,0%
E2	120	32	0,94	83,7%	8,1%	0,8%	0,1%	0,7%	0,2%	0,0%
S2	133	43	0,77	82,0%	8,1%	0,7%	0,3%	1,3%	0,0%	0,0%
E3	36	12	0,75	88,3%	0,5%	0,0%	0,0%	2,8%	0,0%	0,0%
S3	24	9	0,67	90,6%	2,3%	0,0%	0,0%	0,8%	0,0%	0,0%
E4	333	97	0,86	80,1%	3,3%	1,5%	3,6%	0,7%	0,1%	0,0%
S4	331	98	0,84	77,6%	3,5%	1,8%	4,9%	0,7%	0,0%	0,0%

En la tabla 4 se observa que de acuerdo con el factor horario de máxima demanda (FHMD), los accesos de la intersección varía de 0,67 a 0,94 lo que indica que la distribución en cada acceso es aproximadamente uniforme, es decir presentan una circulación libre, sin congestionamiento.

Por último, en la tabla 5 se exponen la hora de máxima demanda de cada estación, así como las variaciones horarias del día de conteo realizado como se indica en la figura 7.

Tabla 5. Hora de Máxima Demandada Vehicular (Hora Pico) de la Intersección

ESTACION	SIMBOLO	UBICACION	HORA PICO
1	E1	Vía Rápida (a Cañar)	8h45-9h45
	S1	Vía Rápida (a Cuenca)	16h45-17h45
2	E2	Carretera Panamericana y Vía Rápida	11h45-12h45
	S2	Vía Rápida y Carretera Panamericana	12h45-13h45
3	E3	Av. Francisco Calderón y Vía Rápida	12h00-13h00
	S3	Vía Rápida y Av. Francisco Calderón	12h00-13h00
4	E4	Vía Rápida (a Cuenca)	16h45-17h45
	S4	Vía Rápida (a Cañar)	16h45-17h45

En la tabla 5 se puede observar la hora de máxima demanda de cada estación de la intersección. La estación E3 y S3 presenta su máximo flujo de 12h00 a 13h00, debido principalmente a que la Av. Francisco Calderón sirve como medio para dirigirse al centro del Cantón de Biblián y que generalmente a esa hora las personas de las escuelas, colegios e instituciones se dirigen hacia sus casas. Las estaciones E4, S4, S1 ubicadas en la Vía rápida Cuenca-Azogues-Biblián se observa que el Volumen máximo se produjo en la hora de 16h45 a 17h45, a esta hora generalmente las personas que trabajan en el Austro y en la provincia del Cañar salen de sus trabajos y se dirigen hacia sus hogares, y toman la vía rápida para evitar demoras. Por otra parte, las estaciones E1, E2 y S2 presentan sus máximos flujos en las horas 8h45 a 9h45, 11h45 a 12h45 y 12h45 a 13h45 respectivamente.

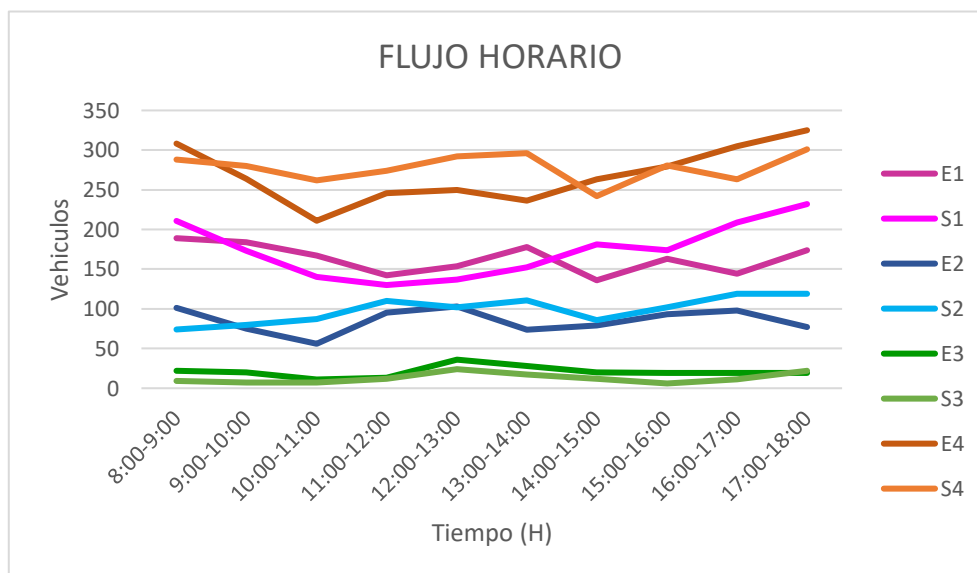


Figura 7. Variaciones horarias de las estaciones de la intersección de estudio

En la Figura 7, se observa que las estaciones E3 y S3 presentan una distribución vehicular baja con respecto a las estaciones que se encuentren ubicadas en la vía rápida Cuenca-Azogues-Biblián (E1, S1, E4, S4) que poseen un alto tráfico vehicular. La variación horaria de cada una de los cuatro accesos de la intersección, muestran que el volumen de tránsito vehicular se mantiene aproximadamente constante durante el periodo de aforo, es decir que no existen concentraciones de flujos altos en cortos periodos de manera que no se forman colas de congestionamiento dentro de la intersección.

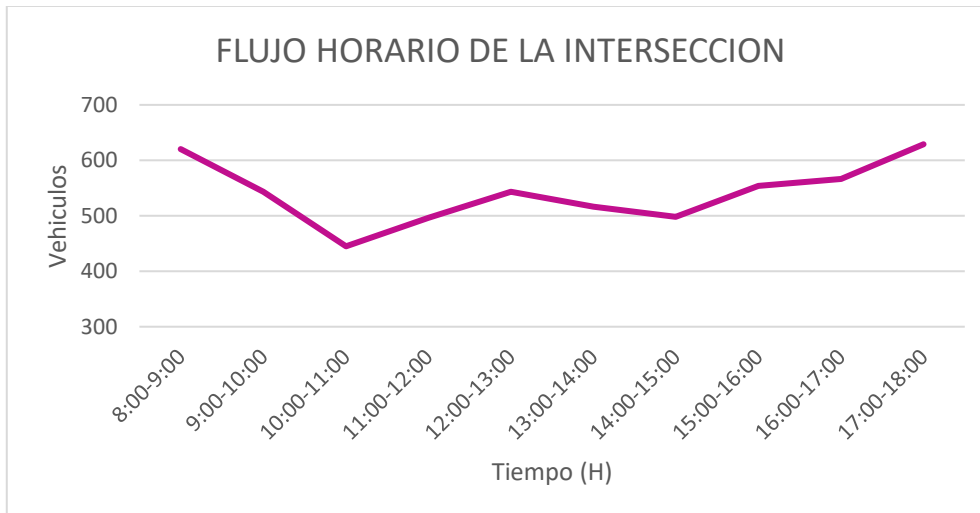


Figura 8. Variación horaria total de la intersección

En la Figura 8 se observa la variación horaria de la intersección durante el periodo aforado, es muy variada esto se debe principalmente al alto volumen que existe en la vía rápida comparado con la avenida Francisco Calderón, además se puede ver que la hora de máxima demanda de la intersección se presenta de 17h00 a 18h00.

2.3.2.3. Cálculo de TPDA por factores de ajuste

Para el cálculo del TPDA de cada estación de conteo, se utilizó la expresión matemática (NEVI-12, 2013).

$$TPDA = T_A * f_h * f_d * f_s * f_m \quad \text{Ecuación 6}$$

donde: T_A : representa al tráfico aforado
 f_h : es el factor de ajuste horario
 f_d : es el factor de ajuste diario
 f_s : es el factor de ajuste semanal
 f_m : es el factor de ajuste mensual

Para ello, la información complementaria se basa en los promedios horarios de los conteos automáticos de la vía rápida Cuenca-Azogues-Biblián proporcionados por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP) del Cañar. El conteo automático de la Vía Rápida realizada durante una semana de conteo durante 12 horas seguidas se presenta en la Tabla 6.

– Factor Horario (f_h)

El factor horario (f_h) se calculó tomando los datos del conteo automático, es decir, dividiendo el número de total de vehículos que pasan durante las 24 horas del conteo automático del día de conteo manual para la franja del conteo automático.

El resultado del f_h de la intersección se obtuvo al dividir $\frac{18607}{11822} = 1,57$.

Tabla 6. Conteo automático de la autopista Cuenca-Azogues-Biblián carril de Azogues a Cuenca

PERIODO	DOMINGO	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	TOTAL
00:00-01:00	151	77	89	128	110	143	176	874
01:00-02:00	237	108	99	97	103	128	178	950
02:00-03:00	153	68	118	151	101	120	198	909
03:00-04:00	155	95	155	171	139	134	143	992
04:00-05:00	108	126	163	206	176	184	174	1137
05:00-06:00	149	287	314	345	421	307	305	2128
06:00-07:00	285	874	822	870	892	884	649	5276
07:00-08:00	375	1189	1173	1236	1206	1212	855	7246
08:00-09:00	513	921	1107	1140	1080	1121	981	6863
09:00-10:00	569	967	1014	1136	1111	1057	1107	6961
10:00-11:00	701	857	1041	1123	1179	1037	1342	7280
11:00-12:00	781	1033	1043	1033	1016	1146	1422	7474
12:00-13:00	860	932	903	987	954	1053	1261	6950
13:00-14:00	917	837	913	1045	1028	1016	1162	6918
14:00-15:00	965	1063	1014	1247	1216	1002	1267	7774
15:00-16:00	884	713	1014	1241	1249	1502	1105	7708
16:00-17:00	1142	1368	1360	1337	1346	1515	1152	9220
17:00-18:00	1171	1478	1552	1533	1488	1492	1123	9837
18:00-19:00	1136	1228	1321	1327	1307	1451	1090	8860
19:00-20:00	1061	880	841	814	878	1133	1103	6710
20:00-21:00	837	483	540	553	596	785	874	4668
21:00-22:00	454	452	377	402	429	544	674	3332
22:00-23:00	338	324	394	334	384	480	369	2623
23:00-24:00	151	157	132	151	198	277	264	1330
TOTAL	14093	16517	17499	18607	18607	19723	18974	124020

Nota: Recuperado de “Ministerio de Transporte y Obras Públicas”, de MTOP, 2017, Cañar, Ecuador, MTOP

– **Factor Diario (f_d)**

El factor diario (f_d) se calculó tomando nuevamente los datos del conteo automático, es decir, dividiendo el número total de vehículos del tráfico total para 7 veces el total de vehículos del conteo automático del día del conteo manual, es decir $\frac{124020}{7(18607)}$.

Donde se obtuvo un valor de f_d de 0,95.

– **Factor Semanal (f_s)**

El factor semanal (f_s) se tomó un valor de f_s de 1,037 según la tabla 14, de la semana aforada de la intersección, en este caso la semana 37 (Gordillo & Miguitama, 2018).

Tabla 7. Factores de Ajuste Semanal Propuestos

Semana	F_s	Semana	F_s	Semana	F_s	Semana	F_s	Semana	F_s	Semana	F_s
1	1.018	11	0.976	21	0.962	31	0.988	41	0.955	51	0.938
2	0.942	12	1.038	22	0.934	32	1.062	42	0.949	52	1.157
3	1.092	13	1.040	23	0.920	33	1.339	43	0.989	N/A	N/A
4	1.021	14	0.922	24	0.963	34	1.032	44	1.020	N/A	N/A
5	0.936	15	0.999	25	0.969	35	1.113	45	0.968	N/A	N/A
6	1.228	16	0.986	26	0.972	36	0.966	46	1.061	N/A	N/A
7	1.001	17	1.098	27	1.000	37	1.037	47	0.921	N/A	N/A
8	1.005	18	1.047	28	1.033	38	0.967	48	1.071	N/A	N/A
9	0.985	19	1.030	29	1.152	39	1.032	49	0.931	N/A	N/A
10	0.982	20	0.954	30	1.013	40	0.943	50	0.954	N/A	N/A

Nota: Recuperado de “Determinación de los factores de mayoración del tráfico promedio diario anual (TPDA) partiendo de datos históricos de zonas representativas de la ciudad de Cuenca”, de Gordillo, D & Miguitama, B., 2018, p.31, Cuenca, Ecuador.

– **Factor Mensual (f_m)**

El factor mensual (f_m) se obtuvo a partir del consumo de combustibles de la provincia del Cañar del año 2017, proporcionado por la agencia de regulación y control de hidrocarburos (ARCH), dividiendo el total del consumo de combustible para el total mensual del combustible del mes del conteo manual realizado. Es decir, es el resultado de dividir $\frac{4160788}{4738443}$.

Obteniendo un valor de 0,88.

Tabla 8. Consumo de combustible de la Provincia del Cañar

MES	TOTAL
ENERO	3.688.669
FEBRERO	3.381.905
MARZO	3.888.915
ABRIL	3.515.034
MAYO	3.427.663
JUNIO	4.064.160
JULIO	4.281.963
AGOSTO	4.952.232
SEPTIEMBRE	4.738.443
OCTUBRE	4.629.511
NOVIEMBRE	4.723.510
DICIEMBRE	4.637.445
TOTAL	4.160.788

Nota: Recuperado de “La Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero”, 2017, Cuenca, Ecuador.

Una vez calculados los factores de ajuste, el TPDA actual obtenido de acuerdo a la ecuación 6 para cada estación de la intersección se muestra en la Tabla 10.

Tabla 9. TPDA actual de la intersección carretera Panamericana y vía rápida Cuenca-Azogues-Biblián

ESTACIÓN	LIVIANOS	BUSES	C2	C3	C4 o mas
E1	1627	22	340	70	168
S1	1834	23	333	52	131
E2	987	94	74	5	1
S2	1122	111	105	10	4
E3	257	1	25	0	0
S3	158	4	11	0	0
E4	2961	123	393	56	134
S4	2964	135	438	68	187

De esta manera se puede observar en la tabla 9 que la vía rápida Cuenca-Azogues-Biblián tiene un TPDA igual a 2961 vehículos/día y 2964 vehículos/día en las estaciones E4 y S4 respectivamente, representando un alto volumen vehicular con respecto a la Av. Francisco Calderón que cuenta con un TPDA igual a 257 vehículos/día y 158 vehículos/día de las estaciones E3 y S3 respectivamente.

2.3.2.4. Proyecciones de TPDA

Se presenta un análisis de proyecciones para una concesión de 20 años de la intersección de estudio. Tomando como año de inicio de operación el 2018, culminado en el año 2040. Para la ejecución de este análisis, se considera los datos reportados por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) de la población y del parque automotor a través del tiempo.

A continuación, en el presente apartado de análisis se toma como referencia los datos proporcionados por la INEC para observar cómo se ha venido desarrollando el comportamiento de los índices de población y del parque automotor.

- **Crecimiento Poblacional**

En la Tabla 17 y la Figura 11 se presentan las cifras del crecimiento poblacional a partir del año 2008 hasta el año 2014, de acuerdo con las proyecciones presentadas por la INEC, para la provincia del Cañar. La tasa de crecimiento promedio se determinó mediante la siguiente expresión matemática.

$$r = \sqrt[n]{\frac{P_F}{P_A}} - 1 \quad \text{Ecuación 7}$$

Dónde: r=tasa de crecimiento

P_F = población futura

P_A = población actual

n= años

Dando como resultado una tasa de crecimiento promedio igual al 2% anual.

Tabla 10. Crecimiento poblacional

AÑO	POBL_URBANA
2008	228702
2009	231528
2010	235814
2011	240248
2012	244754
2013	249295
2014	253863

Nota: Recuperado de “Instituto Nacional de Estadísticas y Censos”, 2014, Cuenca, Ecuador.

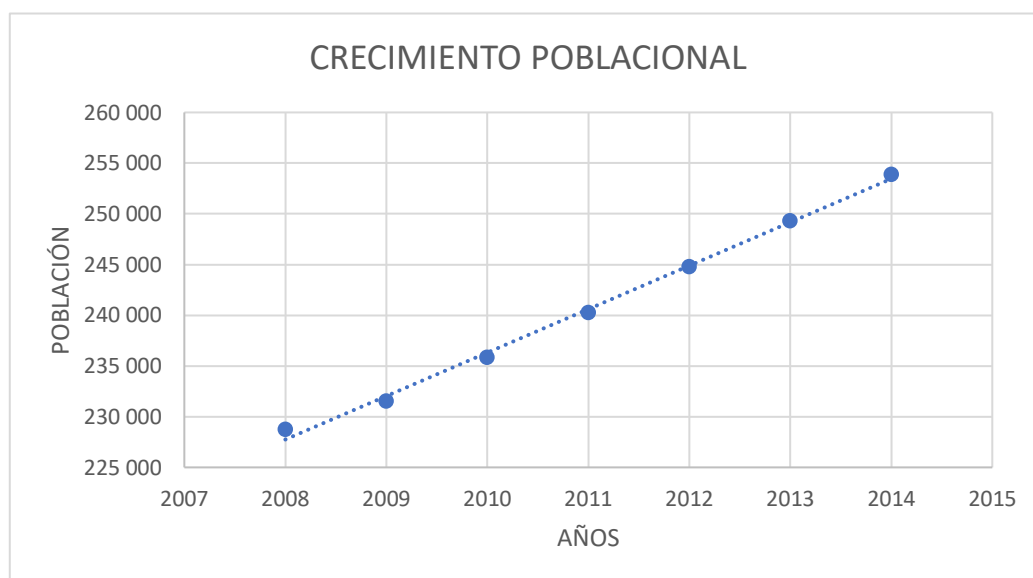


Figura 9. Crecimiento poblacional anual

- Crecimiento del Parque Automotor

En la Tabla 11 y la Figura 10, se presentan las cifras del crecimiento del parque automotor a partir del año 2008 hasta el 2014. La tasa de crecimiento promedio de acuerdo con la Ecuación 7 es de 1,5% anual.

Tabla 11. Crecimiento del Parque Automotor

AÑO	LIVIANOS
2008	4.590
2009	5.259
2010	7.875
2011	8.482
2012	9.465
2013	11.117
2014	12.547

Nota: Recuperado de “Instituto Nacional de Estadísticas y Censos”, 2014, Cuenca, Ecuador.

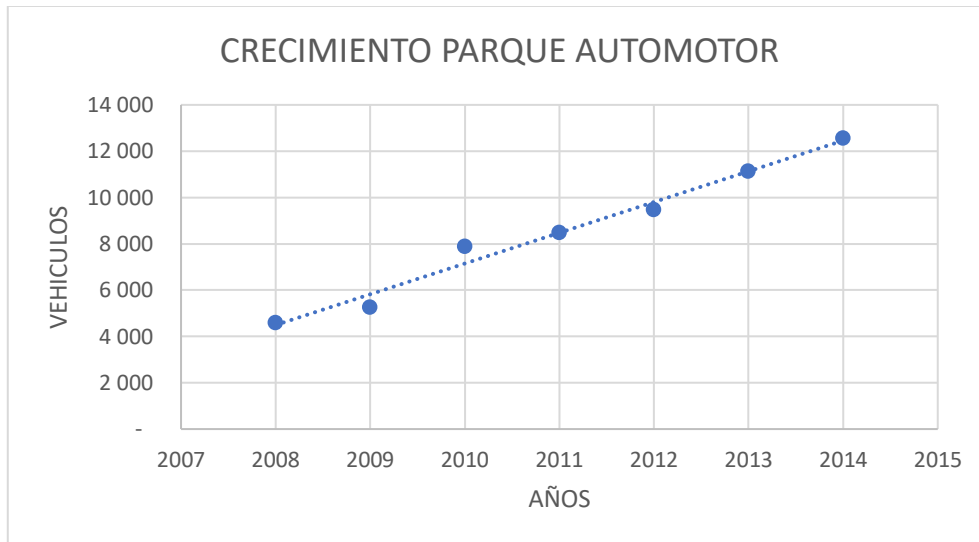


Figura 10. Crecimiento del parque automotor

- **Modelo logístico**

El TPDA, se proyecta a futuro a un periodo de vida útil de 20 años, esta proyección servirá para dimensionar y dar características geométricas a las alternativas propuestas y en la factibilidad económica del proyecto. De acuerdo con el modelo logístico, las tasas de crecimiento de los vehículos livianos se pueden estimar en base a una tasa de saturación para la cual la tasa de motorización (vehículos por cada mil habitantes) tiene que ser constante. El valor de la tasa de saturación (T_s) adoptado, será el valor para el cual el coeficiente de regresión (R^2) sea más cercano a la unidad. La expresión matemática que se utiliza, es la siguiente:

$$T_m = \frac{T_s}{1 + e^{(a+bt)}} \quad \text{Ecuación 8}$$

donde: T_m = tasa de motorización (vehículos/1000 habitantes)

T_s = tasa de saturación (vehículos/1000 habitantes)

e = base del logaritmo natural

a, b = constantes a determinar

t = tiempo

Despejando la Ecuación 8 y con la utilización de logaritmos, se obtiene la siguiente ecuación

$$Y = a + bt = \ln \left(\frac{T_s}{T_m} - 1 \right) \quad \text{Ecuación 9}$$

Con la información de la población y los registros del parque automotor y mediante el método logístico se proyecta hasta el año 2040 la tasa de motorización (T_m) ajustado con una Tasa de Saturación de 62 vehículos/1000 habitantes para el cual el máximo valor del coeficiente de regresión (R^2) es de 0,9966.



- **Vehículos Livianos Ajustados**

Los valores del tráfico futuro de vehículos livianos estimado para el año de vida útil, se calcula a partir de la tasa de crecimiento en función del aumento de la población y del parque automotor mediante la siguiente ecuación matemática:

$$i = \sqrt[n]{\frac{T_F}{T_A}} - 1 \quad \text{Ecuación 10}$$

donde: T_F = tráfico futuro de vehículos livianos

T_A = tráfico actual de vehículos livianos

i = tasa de crecimiento

n = periodo de tiempo

Los valores de vehículos livianos futuros estimada para el año 2040, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$T_{FL} = \frac{T_m \text{ajustado}}{1000} * i \quad \text{Ecuación 11}$$

donde: T_{FL} = Tráfico futuro de vehículos livianos

T_m ajustado = Tasa de motorización

- **Buses- Camiones**

Para este caso de buses y camiones se calcula la tasa de crecimiento en función del incremento poblacional únicamente. Los valores de la población futura estimada, se obtiene a partir de la Ecuación 11 y la tasa de crecimiento a partir de la Ecuación 12.

$$P_F = P_A(1 + r)^n \quad \text{Ecuación 12}$$

$$r = \sqrt[n]{\frac{P_F}{P_A}} - 1 \quad \text{Ecuación 13}$$

donde: P_F = población futura

P_A = población actual

r = tasa de crecimiento

n = periodo de tiempo

Posteriormente, en la Tabla 12 se presentan las tasas de crecimiento para cada tipo de vehículo: livianos, buses y camiones (2jes, 3 ejes y 4 ejes o más) y para los diferentes años de vida útil de la intersección comprendidos entre el año 2018 y 2040.

También, se puede ver en la Tabla 12, que la variación que existe en la tasa de crecimiento para los vehículos livianos se da puesto que se calcula en función del aumento de la población y del parque automotor; mientras que para las tasas de crecimiento de buses y camiones se mantiene constante ya que se considera únicamente el incremento de la población.

Tabla 12. Tasas de crecimiento vehicular

PERIODO	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES
2018-2020	3,60%	1,83%	1,83%
2020-2025	2,43%	1,83%	1,83%
2025-2030	1,94%	1,83%	1,83%
2030-2035	1,85%	1,83%	1,83%
2035-2040	1,84%	1,83%	1,83%

A continuación, se presenta en las tablas 13 a la 20, la estimación del TPDA que circula desde el año 2018 hasta el año 2040 por cada uno de los cuatro accesos de la intersección de estudio.

Tabla 13. TPDA proyectado para la estación E1

Estación	Tipo de Vehículo	TPDA ₂₀₁₈	TPDA ₂₀₂₀	TPDA ₂₀₂₅	TPDA ₂₀₃₀	TPDA ₂₀₃₅	TPDA ₂₀₄₀
E1	L	1627	1746	1969	2168	2376	2602
	B	22	23	25	25	25	25
	C2	340	352	386	387	388	389
	C3	70	72	79	79	79	80
	C4	168	174	191	191	192	192
	Total	2226	2367	2649	2849	3059	3287

Nota: Para el año 2040 se tendrá casi el doble de vehículos livianos en la estación E1.

Tabla 14. TPDA proyectado para la estación S1

Estación	Tipo de Vehículo	TPDA ₂₀₁₈	TPDA ₂₀₂₀	TPDA ₂₀₂₅	TPDA ₂₀₃₀	TPDA ₂₀₃₅	TPDA ₂₀₄₀
E1	L	1834	1968	2220	2444	2679	2934
	B	23	24	26	26	26	27
	C2	333	345	378	379	380	381
	C3	52	54	59	59	59	59
	C4	131	136	149	149	149	150
	Total	2373	2527	2832	3058	3294	3550

Nota: Para el año 2040, la cantidad de buses no aumentan considerablemente en la estación S1.

Tabla 15. TPDA proyectado para la estación E2

Estación	Tipo de Vehículo	TPDA ₂₀₁₈	TPDA ₂₀₂₀	TPDA ₂₀₂₅	TPDA ₂₀₃₀	TPDA ₂₀₃₅	TPDA ₂₀₄₀
E2	L	987	1059	1194	1315	1441	1578
	B	94	98	107	107	107	108
	C2	74	76	84	84	84	84
	C3	5	6	6	6	6	6
	C4	1	1	2	2	2	2
	Total	1161	1240	1393	1514	1640	1778

Nota: La proyección de los Camiones de 3 ejes y 4 ejes o más en la estación E2 aumentara tan solo en 1 en 20 años.

Tabla 16. TPDA proyectado para la estación S2

Estación	Tipo de Vehículo	TPDA ₂₀₁₈	TPDA ₂₀₂₀	TPDA ₂₀₂₅	TPDA ₂₀₃₀	TPDA ₂₀₃₅	TPDA ₂₀₄₀
S2	L	1122	1204	1358	1495	1638	1794
	B	111	115	126	126	126	126
	C2	105	109	119	120	120	120
	C3	10	10	11	11	11	11
	C4	4	4	5	5	5	5
	Total	1351	1442	1618	1756	1900	2057

Nota: Al igual que la estación E2 la estación S2, incrementara en 1 los camiones de 3 ejes y 4 ejes o más.

Tabla 17. TPDA proyectado para la estación E3

Estación	Tipo de Vehículo	TPDA ₂₀₁₈	TPDA ₂₀₂₀	TPDA ₂₀₂₅	TPDA ₂₀₃₀	TPDA ₂₀₃₅	TPDA ₂₀₄₀
E3	L	257	275	311	342	375	410
	B	1	1	2	2	2	2
	C2	25	25	28	28	28	28
	C3	0	0	0	0	0	0
	C4	0	0	0	0	0	0
	Total	282	302	340	371	404	440

Nota: Al igual que el tráfico actual el tráfico para el año 2040 no existirán camiones de 3 ejes y 4 ejes o más en la estación E3.

Tabla 18. TPDA proyectado para la estación S3

Estación	Tipo de Vehículo	TPDA ₂₀₁₈	TPDA ₂₀₂₀	TPDA ₂₀₂₅	TPDA ₂₀₃₀	TPDA ₂₀₃₅	TPDA ₂₀₄₀
S3	L	158	170	192	211	231	253
	B	4	4	5	5	5	5
	C2	11	11	12	12	12	12
	C3	0	0	0	0	0	0
	C4	0	0	0	0	0	0
	Total	173	185	209	228	248	270

Nota: La estación S3 para el año 2040 seguirá casi con el mismo flujo vehicular que posee ahora.

Tabla 19. TPDA proyectado para la estación E4

Estación	Tipo de Vehículo	TPDA ₂₀₁₈	TPDA ₂₀₂₀	TPDA ₂₀₂₅	TPDA ₂₀₃₀	TPDA ₂₀₃₅	TPDA ₂₀₄₀
E4	L	2964	3181	3588	3950	4329	4741
	B	135	140	153	154	154	155
	C2	438	454	497	499	500	501
	C3	68	71	77	78	78	78
	C4	187	194	212	213	213	214
	Total	3792	4040	4528	4892	5274	5689

Nota: La Estación E4 al encontrarse en la vía rápida, su proyección para 20 años incrementa de manera considerable en comparación con las estaciones E3 y S3.

Tabla 20. TPDA proyectado para la estación S4

Estación	Tipo de Vehículo	TPDA ₂₀₁₈	TPDA ₂₀₂₀	TPDA ₂₀₂₅	TPDA ₂₀₃₀	TPDA ₂₀₃₅	TPDA ₂₀₄₀
S4	L	2961	3178	3584	3946	4325	4737
	B	123	127	139	140	140	140
	C2	393	408	446	447	448	450
	C3	56	58	64	64	64	64
	C4	134	139	152	152	153	153
	Total	3667	3910	4385	4749	5130	5544

Nota: De la misma manera la estación S4, incrementara de manera significativa en 20 años.

2.3.3. Estudio de giros

Las maniobras en la intersección de estudio se muestran a continuación en la siguiente figura.

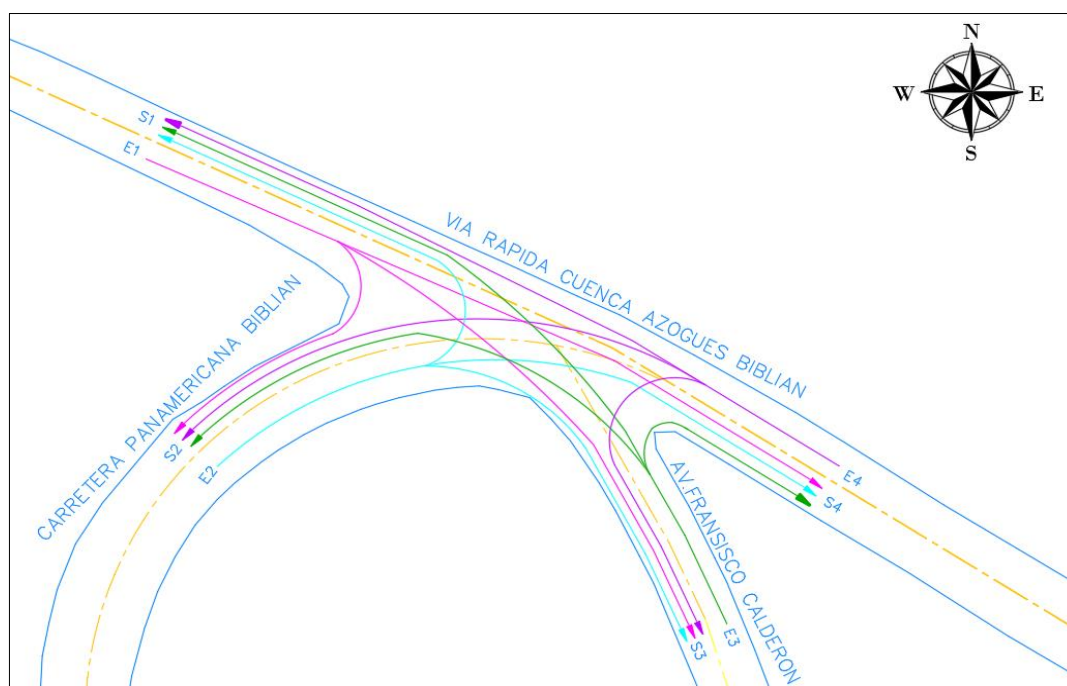


Figura 11. Maniobras que realizan los vehículos en la intersección

El estudio de giros se basa en los aforos realizados sobre la intersección carretera panamericana Biblián y vía rápida Cuenca-Azogues-Biblián las cuales se resumen en las Tablas 21, 22, 23, 24 y 25.

Tabla 21. Matriz O/D de vehículos livianos para el conteo realizado entre las 8:00 y 18:00 horas.

O/D	LIVIANOS				Total
	S1	S2	S3	S4	
E1	*	93	98	1007	1198
E2	67	*	40	778	885
E3	44	23	*	142	209
E4	1369	646	147	*	2162
Total	1480	762	285	1927	

Nota: La mayor cantidad de vehículos livianos convergen de la estación E4 hacia la estación S1.

Tabla 22. Matriz O/D de buses para el conteo realizado entre las 8:00 y 18:00 horas.

BUSES					
O/D	S1	S2	S3	S4	Total
E1	*	2	0	16	18
E2	0	*	3	97	100
E3	0	0	*	1	1
E4	22	83	0	*	105
Total	22	85	3	114	

Nota: La mayor cantidad de giros de buses se dan de la estación E2 a S4. La mayoría de buses interprovinciales toman el centro de Biblián para dirigirse a las diferentes ciudades del Cañar.

Tabla 23. Matriz O/D de camiones de 2 ejes (C2) para el conteo realizado entre las 8:00 y 18:00 horas.

CAMIONES 2 EJES					
O/D	S1	S2	S3	S4	Total
E1	*	8	8	233	249
E2	3	*	1	91	95
E3	0	0	*	11	11
E4	228	54	10	*	292
Total	231	62	19	335	

Nota: La mayoría de los camiones se dirigen desde la estación E1 a S4. Los camiones de carga pesada toman la vía Rápida para evitar demoras.

Tabla 24. Matriz O/D de camiones de 3 ejes (C3) para el conteo realizado entre las 8:00 y 18:00 horas.

CAMIONES 3 EJES					
O/D	S1	S2	S3	S4	Total
E1	*	0	0	53	53
E2	1	*	0	10	11
E3	0	0	*	0	0
E4	40	5	0	*	45
Total	41	5	0	63	

Nota: La mayor cantidad de C3 ejes viajan de E1 a S4.

Tabla 25. Matriz O/D de camiones de 4 (C4) o más para el conteo realizado entre las 8:00 y 18:00 horas.

CAMIONES 4 o más EJES					
O/D	S1	S2	S3	S4	Total
E1	*	0	0	122	122
E2	0	*	0	3	3
E3	0	0	*	0	0
E4	88	3	0	*	91
Total	88	3	0	125	

Nota: La mayoría de C4 ejes o más no pasan por la ciudad de Biblián a fin de evitar demoras. Los camiones de carga pesada viajan mayormente desde la estación E1 hacia S4.



A continuación, se presenta la matriz origen/destino total de la intersección, a fin de tener una idea clara de las maniobras direccionales que realizan los conductores hacia los diferentes accesos de la intersección.

Tabla 26. Matriz O/D total para el conteo realizado entre las 8:00 y 18:00 horas.

TOTAL					
O/D	S1	S2	S3	S4	Total
E1	*	103	106	1431	1640
E2	71	*	44	979	1094
E3	44	23	*	154	221
E4	1747	791	157	*	2695
Total	1862	917	307	2564	5650

En la Tabla 26, se observa que por la intersección durante el periodo de aforo circularon 5650 vehículos al día que provienen de las cuatro estaciones de acceso, y que mayoritariamente los vehículos que circulan de E1-S4 con un valor de 1431 vehículos al día representan un número alto de flujo vehicular con respecto a los vehículos que circulan de E3-S2 con un valor igual a 23 vehículos al día.

Posteriormente, se presenta en la Tabla 27 los porcentajes de los diferentes tipos de vehículos que pasaron durante el periodo de tiempo aforado.

Tabla 27. Porcentaje matriz O/D para el conteo realizado entre las 8:00 y 18:00 horas.

PORCENTAJES					
O/D	S1	S2	S3	S4	
E1	*	1,8%	1,9%	25,3%	29,0%
E2	1,3%	*	0,8%	17,3%	19,4%
E3	0,8%	0,4%	*	2,7%	3,9%
E4	30,9%	14,0%	2,8%	*	47,7%

Nota: El mayor flujo vehicular se da de E4-S1 con un porcentaje de 30,9% y el menor flujo desde la E3 hacia S2 con un porcentaje de 0,4%.

Seguidamente, se muestra en la Figura 12 las líneas de deseo de la intersección de estudio.

Analizando la Figura 12, se observa que la Av. Francisco Calderón sentido E3-S2, tiene el menor flujo vehicular de la intersección con un porcentaje de 0,4%. Y la vía rápida Cuenca-Azogues-Biblián sentido E4-S1 lleva el mayor flujo vehicular con un valor de 30,9%, lo cual indica que la mayor incidencia se da en la vía rápida, lo cual es razonable ya que la mayoría de los vehículos que se dirigen desde las ciudades de la Provincia del Cañar hacia el Austro, prefieren tomar la vía rápida, a fin de evitar demoras durante su recorrido.

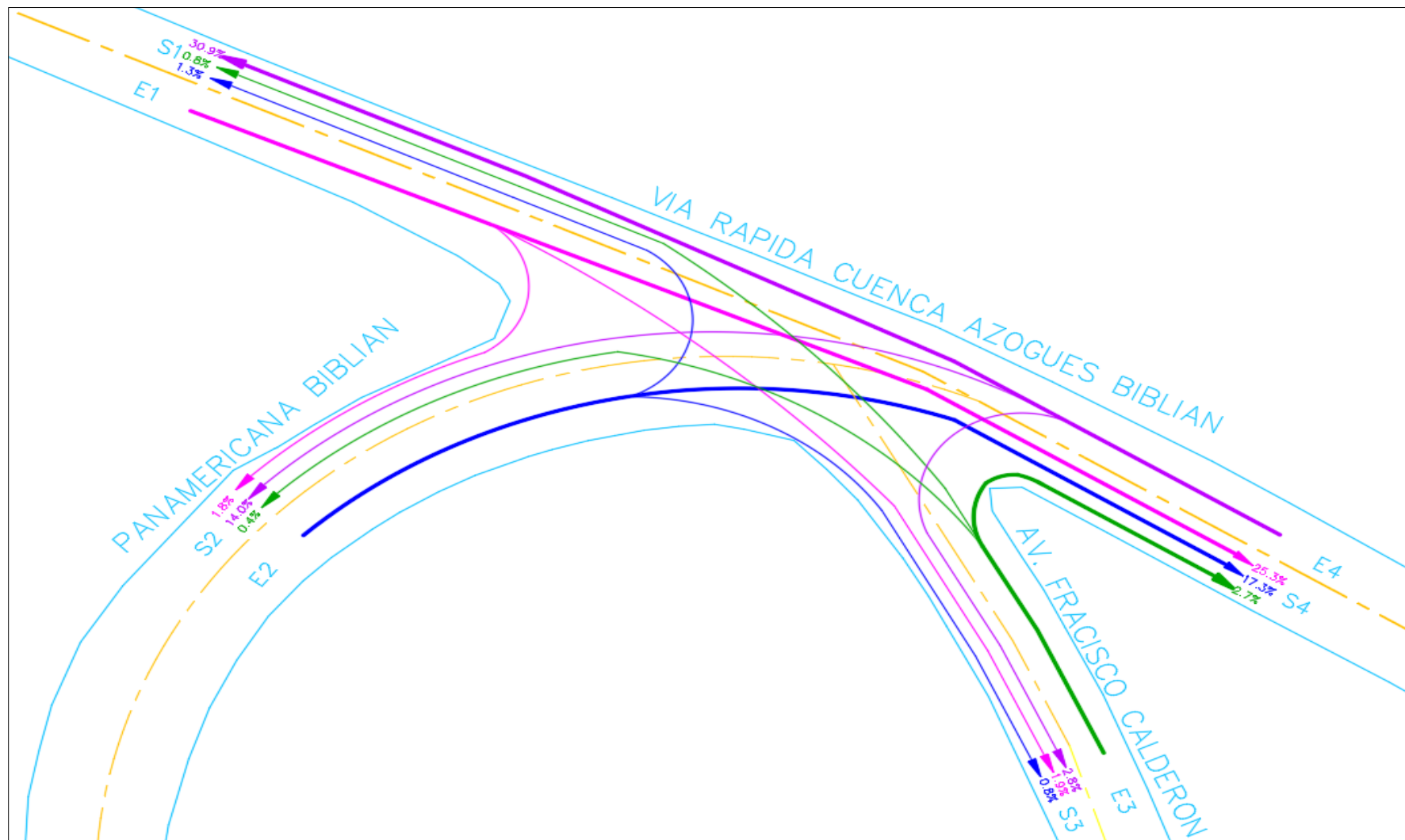


Figura 12. Estudio de giros para el aforo vehicular realizado entre las 8:00 y 18:00 horas

Capítulo III: Alternativas

Para la evaluación de las posibles alternativas de solución tanto técnicas como económicas, se propone reducir los puntos de conflicto que ocasiona la intersección evitando con ello en lo posible la accidentabilidad. Se modificará las velocidades de circulación pasando de 80 km/h (estado actual) a 60 km/h a fin de mantener la circulación constante sobre la vía rápida. En el presente capítulo se exponen 2 alternativas de solución a la intersección de estudio.

3.1. Alternativa 1

Intersección a nivel.

El diseño de esta alternativa, consiste en disminuir los puntos de conflicto modificando la geometría dando preferencia a los movimientos principales con mayores volúmenes tráfico y controlando los giros innecesarios que realizan los conductores. Las modificaciones geométricas se describen a continuación:

- En la vía rápida Cuenca Azogues Biblián en el sentido E1-S4, Se añade un carril de 3,65 metros de ancho, este carril obliga a los vehículos que realizaban el giro derecho E1-S2 dentro de la intersección lo hagan fuera de la misma, logrando desplazar los puntos de conflicto fuera de la intersección.
- Para los vehículos que se dirigen en el sentido E2-S4, se generó un carril de aceleración paralela a la calzada principal que permite que los vehículos se incorporen, de forma segura y a una velocidad similar a la de los vehículos que circulan por la vía rápida.
- Para los vehículos que realizan el giro E2-S1, se creó una isleta direccional sobre la vía rápida forzando a los vehículos realizar este giro fuera de la intersección, dicho giro lo realizarán únicamente los vehículos livianos.
- Se redireccionó los vehículos de la salida S3 y entrada E3 de la avenida Francisco Calderón, quedando inhabilitada el acceso a la intersección, de tal manera que los vehículos tomarían como alternativa la calle sin nombre como se muestra en la figura 13, para poder dirigirse al sitio que deseen.
- En la vía rápida se conserva el giro directo de los vehículos que circulan en sentido E4-S4. Para el giro izquierdo se construyó un carril de espera para los vehículos que se dirigen de Sureste-E4-S2, que basado en los volúmenes del tránsito en la actualidad este es el punto donde se cruzan los volúmenes más altos del tránsito, con el objetivo de disminuir los puntos de conflicto en ese punto, así como de conservar el flujo del carril de la vía rápida.
- Por último, se vio necesario colocar una señal reglamentaria de tránsito (PARE) en el punto donde se cruzan los flujos más altos, a fin de reducir los potenciales accidentes que pudieran suscitarse. Adicionalmente, se realizó la demarcación de la zona peatonal, ya que en la actualidad la señalización es deficiente.

A continuación, se presenta un esquema de la alternativa 1.

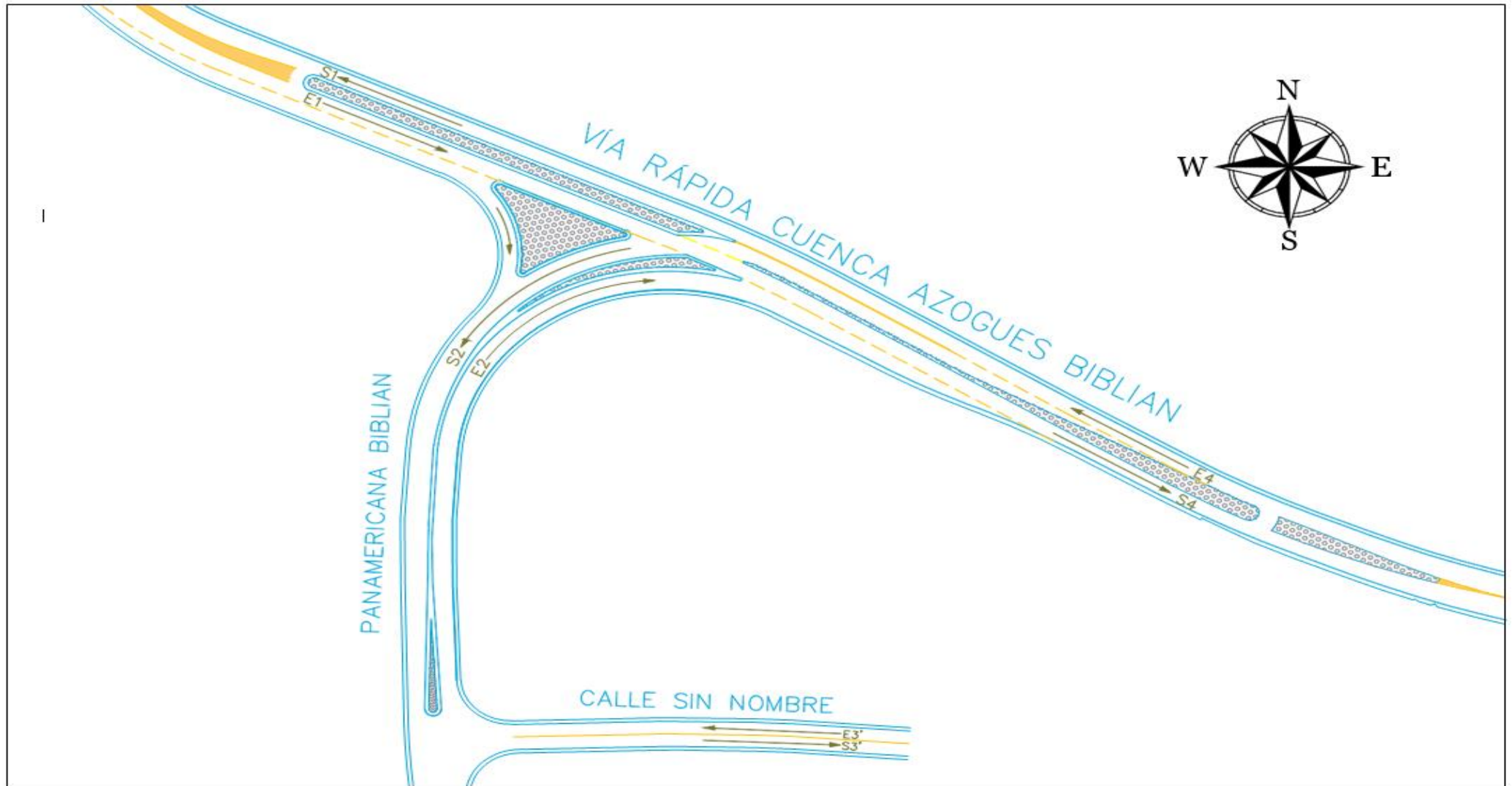


Figura 13. Esquema de la alternativa 1 (Intersección a nivel)

3.1.1. Análisis de los puntos de conflicto

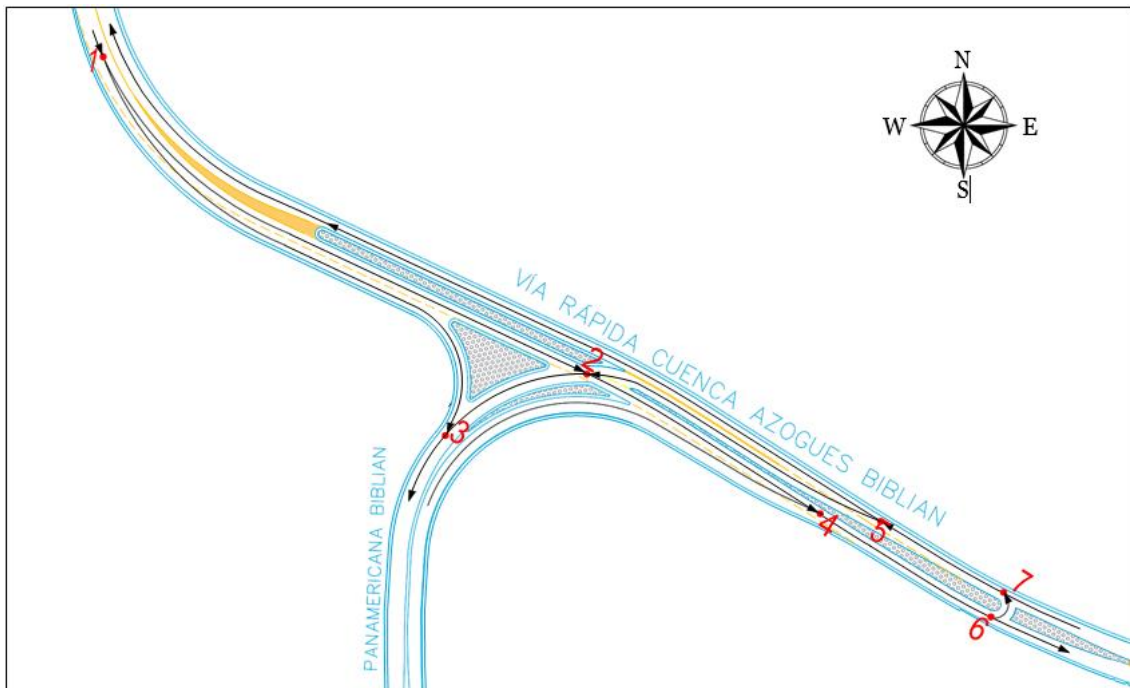


Figura 14. Puntos de conflicto de la alternativa 1.

Como se puede observar en la figura 14, para la alternativa 1 los puntos de conflicto han disminuido de 32 puntos a 7 puntos en comparación con el estado actual de la intersección, si bien los vehículos recorren una distancia mayor se ha garantizado la reducción del grado de accidentabilidad. Además, lo que se trató de eliminar son los puntos de tipo cruce que son los que presentan accidentes más severos.

Por otro lado, gracias a la implementación de nuevos carriles conjuntamente con el uso de señalización generamos que los conductores disminuyan las velocidades, lo que otorga mayor tiempo al conductor de reaccionar ante un potencial conflicto, además este diseño obliga a los conductores a no realizar maniobras direccionales inadecuadas que comprometen tanto a la seguridad de ellos mismos, como a la seguridad de los peatones. También, se garantizó la seguridad del peatón con la creación de isletas y parterre central, que servirán como refugio al momento de cruzar la intersección.

Uno de los principales objetivos en el diseño de esta alternativa a un mismo nivel, si bien fue eliminar los puntos de conflicto y con ello aumentar la seguridad de los usuarios, también se lo realizó desde el punto de vista económico y constructivo.

3.2. Alternativa 2

Intersección con paso elevado.



En esta alternativa, al igual que la alternativa 1 el criterio que se tomó en cuenta fue la eliminación de zonas de conflicto que se generan por los volúmenes de tránsito más altos. Para la solución de esta intersección fue necesario la creación y modificación geométrica de la intersección como se indica a continuación:

- Se implementará, un paso elevado para los vehículos que se dirigen de E1- S4, esta decisión se tomó pensando en la facilidad de eliminación de la zona más conflictiva de la intersección, así como para lograr brindar un flujo continuo a los vehículos que circulan de por la vía rápida, sin tener la necesidad de disminuir la velocidad. Además, el espacio permite realizar esta modificación sin la necesidad de afectar en su totalidad la infraestructura existente, ni tener que realizar expropiaciones a los usuarios que residen cerca de la intersección.
- Para los vehículos que viajan en sentido E1-S2, al igual que la Alternativa 1, se añadió un carril de 3,60 metros de ancho forzando a los conductores a tomar este carril para la realización del giro derecho, pudiendo realizar un retorno en la carretera Panamericana en caso de querer retomar la vía rápida.
- Para el movimiento E2-S4, se plantea la creación de un carril de aceleración, con el objetivo de que los conductores tengan visibilidad de los vehículos que circulan por el paso a desnivel y pudiendo incorporarse de manera segura en la vía rápida.
- Por otra parte, en la vía rápida se implementará una isleta direccional para la ejecución del giro izquierdo por debajo del paso elevado, para los vehículos que se dirigen al centro del Cantón Biblián.
- Según el estudio realizado del TPDA actual de la intersección, se optó por la eliminación de las entradas y salidas de la Av. Francisco Calderón, tomando como ruta alterna la calle sin nombre para los usuarios que se dirigen tanto hacia el centro de la Ciudad de Biblián como para los que deseen tomar la vía rápida.
- Se mantendrá el flujo directo en la vía rápida para los vehículos que circulan de Sureste-Noroeste, a fin de no afectar la continuidad de flujo de dicho carril. Además, los vehículos que quieran realizar el giro izquierdo tendrán que circular por debajo del paso elevado, mediante una isleta direccional.
- Finalmente, al igual que la alternativa 1 se colocará señales reglamentarias de tránsito para los vehículos que salen de E2-S1, restringiendo un giro en U permitiendo girar únicamente vehículos livianos. De la misma manera se realizó la demarcación peatonal.

A continuación, en la Figura 15, se muestra las modificaciones realizadas a la intersección según la alternativa 2.

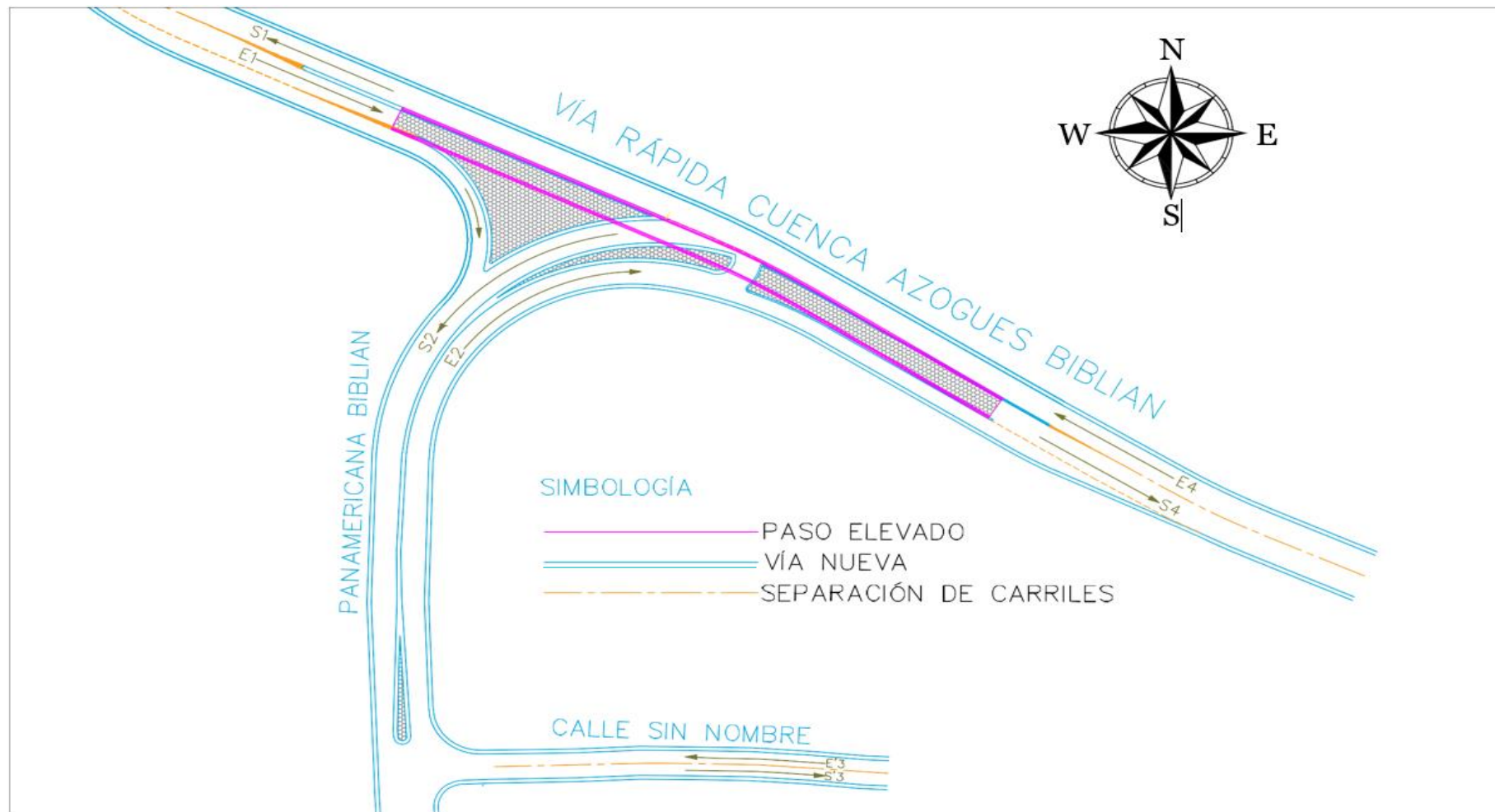


Figura 15. Esquema de la Alternativa 2

3.2.1. Análisis de los puntos de conflicto



Figura 16. Puntos de Conflicto de la Alternativa 2

Como se puede ver en la Figura 16, existen 7 puntos de conflicto, lo que indica que la seguridad aumentó notablemente con respecto al estado actual de la intersección, es decir que se reduce de manera considerable los posibles accidentes que pudieran suscitarse en la intersección.

En esta alternativa la construcción del paso elevado se justifica debido no solo a la composición del tránsito, sino a la incidencia de accidentes que se ha venido suscitando en los últimos años, según datos oficiales proporcionados por la Policía Nacional de Tránsito en una reunión el 6 de diciembre de 2018, en dicha intersección se ha registrado 9 accidentes que han concluido con lesiones fatales desde el 2014. Por otra parte, se ha logrado eliminar totalmente el cruce entre los volúmenes más altos de la intersección. Además, al igual que la Alternativa 1 se eliminó los giros innecesarios que realizan vehículos que entraban y salían de la Av. Francisco Calderón, dejando inhabilitada esta carretera puesto que los volúmenes son bajos con respecto a los demás accesos de la intersección.

Así mismo, se garantizó la seguridad del peatón con la construcción de isletas a fin que el peatón pueda esperar en caso de existir volúmenes de tránsito muy elevados y la demarcación de señales horizontales.

Capítulo IV: Microsimulación de tráfico

En este capítulo se presenta la microsimulación en base al TPDA actual tanto para el estado actual de la intersección, así como de las alternativas planteadas haciendo uso del software TRITONE 19, a fin de identificar los principales indicadores de gestión de tránsito en términos de seguridad y sostenibilidad, que servirán como herramienta para determinar la viabilidad de la mejor alternativa.

4.1. Consideraciones impuestas.

- Para la simulación, se usa en primer lugar la información de campo generando resultados tales como: la matriz Origen/Destino de la hora de máxima demanda Vehicular del giro más crucial de la intersección y la capacidad vial, estos resultados permiten alimentar el modelo de simulación a fin obtener los principales indicadores de gestión del tránsito en la situación más crítica que pudiera suscitarse en la intersección para las diferentes alternativas planteadas en el capítulo III incluyendo la situación actual.
- Además, se abordó criterios de tráfico para los diferentes tipos de vehículos existentes como: livianos, buses y vehículos de carga pesada, a fin de representar la situación real de la intersección.
- De la misma manera, para la adecuada simulación de la intersección, se tomó en cuenta los diferentes ajustes geométricos realizados en las alternativas.
- Por otra parte, tal como indica el HCM (2000) en condiciones ideales para el proyecto, se procede al cálculo de la capacidad vial de la intersección en base a las velocidades de diseño tal como se indica en la Figura 17.

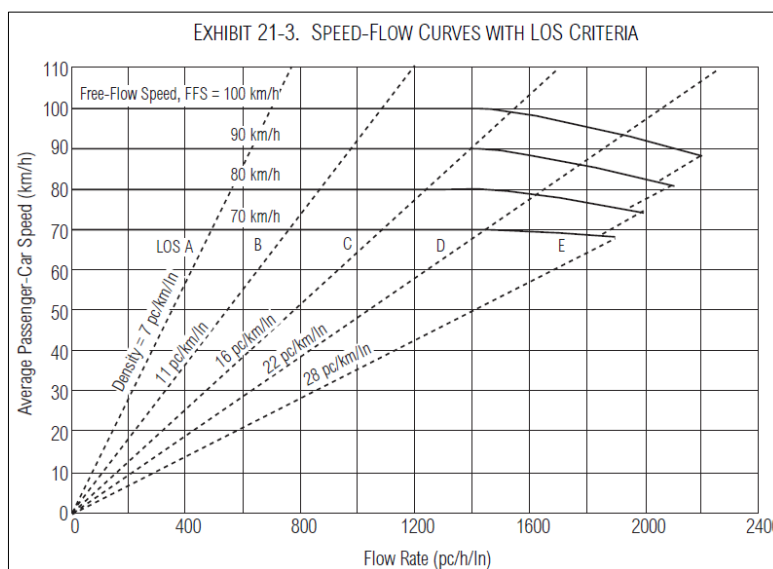


Figura 17. Capacidad ideal para el diseño de carreteras multicarriles

Nota: Recuperado de "Highway Capacity Manual" de Transportation Research Board., 2000, Washington DC, EEUU.

Para la microsimulación del estado actual de la intersección se tomó una capacidad de 1900 automóviles/hora/carril para la vía rápida mientras que para la carretera Panamericana y la Av. Francisco Calderón una capacidad de 1700 automóviles/hora/carril debido a que actualmente los vehículos tienen permitido una velocidad de circulación de 80 y 60 km/h respectivamente, según indica la Figura 17.

Para la microsimulación de las alternativas 1 y 2 se tomó una capacidad de 1900 automóviles/hora/carril para la vía rápida mientras que para los ramales una capacidad de 1700 automóviles/hora/carril ya que fueron diseñadas para 60 km/h y 40 km/h respectivamente, según lo indica la Figura 17. Estas velocidades son establecidas de acuerdo al diseño geométrico en el capítulo 6.

- En consideración a lo expuesto en las Tablas 28, 29 y 30 se presenta las matrices Origen/Destino de la hora de máxima demanda para el giro más crítico de los diferentes tipos de vehículos que se produjo entre las 11h45 a 12h45.

Tabla 28. Matriz origen/destino de livianos durante la hora pico

LIVIANOS					
O/D	S1	S2	S3	S4	Total
E1	*	13	8	79	100
E2	4	*	4	96	104
E3	4	2	*	17	23
E4	116	90	18	*	224
Total	124	105	30	192	

Tabla 29. Matriz origen/destino de buses durante la hora pico

BUSES					
O/D	S1	S2	S3	S4	Total
E1	*	0	0	0	0
E2	0	*	0	11	11
E3	0	0	*	0	0
E4	1	9	0	*	10
Total	1	9	0	11	

Tabla 30. Matriz origen/destino de camiones (2E, 3E, 4E o más) durante la hora pico

CAMIONES					
O/D	S1	S2	S3	S4	Total
E1	*	1	3	35	39
E2	0	*	0	11	11
E3	0	0	*	1	1
E4	29	5	2	*	36
Total	29	6	5	47	

Dichas matrices nos ayudaran a simular el estado más crítico de la intersección ya que en este periodo de tiempo de 11h45 a 12h45 los vehículos que realizan el giro (E4-S2) tiene mayor número de vehículos, lo que implica que el flujo (E1-S4) se vea afectado de mayor manera en comparación del resto de horas.

Finalmente, una vez digitalizada y depurada la información de campo se procedió a realizar el procesamiento de la misma, mediante una configuración esquemática de nodos y tramos correspondientes a la geometría de cada acceso de análisis, en las cuales para cada tramo se ingresó parámetros como: longitud, velocidad de diseño, capacidad de la vía, pendiente, ancho y número de carriles como se puede observar en la figura 18, concluyendo con la asignación de flujos que se los realiza desde el nodo de origen hacia el nodo de destino. La simulación se realizó para un periodo de 3600 segundos (1 hora).

	Nodo Inicial	Nodo Final
	<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value="5"/>
Longitud	<input type="text" value="150"/>	metri
Velocidad Vo	<input type="text" value="80"/>	km/h
Capacidad	<input type="text" value="2000"/>	veic/h
Carriles	<input type="text" value="1"/>	
Pendientes	<input type="text" value="-8,1"/>	%
Ancho de...	<input type="text" value="3,65"/>	metri

Figura 18. Ejemplo de ingreso de datos en el Software TRITONE

Nota: Recuperado de “Software TRITONE 19”, 2019, Cuenca, Ecuador.

Una vez configurada la red vial de la situación actual mediante el programa Tritone el cual realiza microsimulación de tráfico por varios modelos de seguimientos de automóviles, pero para efecto de este trabajo se usó el modelo: *Gipps* por recomendación del creador del programa, el Ingeniero Civil especialista en transporte Giofrè Vincenzo Pasquale. (Vincenzo Pasquale, 2016)

El modelo *Gipps* es un modelo matemático de tipo empírico en el que se ofrece al conductor del vehículo seguidor la posibilidad de circular a dos velocidades. La primera de estas velocidades es la máxima a la que puede ir el vehículo, es decir, la velocidad correspondiente a un flujo libre donde la circulación no está restringida; mientras que la segunda velocidad, denominada velocidad de desaceleración, es la velocidad máxima a la que puede circular un vehículo precedente, durante un periodo (t , $t+T$) debido a sus propias características y a las limitaciones impuestas por la presencia del vehículo predecesor. La velocidad final del vehículo seguidor será el mínimo de las dos velocidades mencionadas, ya que, si la segunda es mayor que la primera, implica que la presencia del vehículo N no impone ninguna restricción en el movimiento del vehículo N+1. Por el contrario, si la segunda velocidad resulta ser menor que la primera, el vehículo N+1, debe adecuar su movimiento a lo impuesto por el vehículo precedente (Nerem, 2013).



4.2. Indicadores de gestión de tránsito.

La microsimulación ayuda a determinar algunos indicadores de gestión de tránsito tales como: velocidad libre de circulación, velocidad de circulación promedio, emisiones de CO₂, consumo de combustibles, tasa de desaceleración (DRAC) y el índice de seguridad (APRI).

Velocidad de circulación Libre: Cuando la concentración es cercana a cero existe una baja probabilidad de conflictos concurrentes y, por lo tanto, la velocidad puede alcanzar su máximo valor, el cual denominamos velocidad a circulación libre. Esta es la velocidad a la cual circularía un conductor si no existiese ningún otro vehículo presente en el tramo de vía.

Velocidad de circulación promedio: Se define como el cociente entre la distancia recorrida en un tramo determinado y el tiempo en que el vehículo está en movimiento, Tritone establece que el resultado para los diferentes tramos es promedio de los distintos vehículos lanzados en forma aleatoria durante la microsimulación. (Vincenzo Pasquale, 2016)

Capacidad del acceso: Es el máximo número de vehículos que puede transitar por un punto o tramo uniforme de una vía en los dos sentidos, en un periodo determinado de tiempo, en las condiciones imperantes de la vía y el tránsito. La capacidad se refiere a una tasa de flujo vehicular durante un período de tiempo que muy a menudo es el periodo de 15 minutos pico. La capacidad está dada bajo condiciones prevalecientes de la vía (características geométricas, tipo de sección, pendientes, dimensiones de carriles, bermas, etc.), del control (dispositivos de control de tránsito como semáforos, señales, movimientos permitidos), y del tránsito (composición vehicular, velocidad, características del flujo vehicular).

Demora por acceso: Las demoras por acceso es el tiempo que tarda un vehículo en llegar de un nodo de origen hacia un nodo de destino, Tritone define este parámetro como el promedio de demoras que sufre cada vehículo lanzado aleatoriamente durante los 3600 segundos que tardaría la microsimulación.

Emisiones de CO₂: Para las emisiones de CO₂ Tritone utiliza el modelo matemático de Panis que permite estimar las emisiones instantáneas de gases contaminantes de un vehículo, en un proceso de simulación, basado en estadísticas de muestras de vehículos. También este modelo puede replicar las emisiones contaminantes instantáneas causadas por la combinación de aceleración / desaceleración y velocidad. El modelo de emisión se basa en mediciones empíricas que relacionan la emisión del vehículo con el tipo, la velocidad instantánea y la aceleración del vehículo. (Int Panis, Broekx, & Liu, 2006)

Las emisiones de CO₂ muestran la sostenibilidad de una intersección, la mejor forma para saber las emisiones de un automóvil es fijarnos en la información de emisiones de CO₂ que da el fabricante. Hay que tener en cuenta que el rango de emisiones es muy amplio y va desde coches que emiten por debajo de los 100 gramos de CO₂ por kilómetro hasta los que emiten más de 400 gramos de CO₂ por kilómetro. La tabla 39 clasifica los diferentes niveles de contaminación. (Ecologistas en Accion, 2019).

Tabla 31. Emisiones de CO₂, para vehículos convencionales

CO ₂ (gr/km)	Niveles de contaminación
más de 200	Excesivamente contaminante
200-160	Muy contaminante
140-160	Bastante contaminante
120-140	Contaminante
100-120	Poco contaminante
menos de 100	Los menos contaminantes

Nota: Recuperado de: *Ecologistas en acción, Ecologistas en Acción*. (4 de Abril de 2019). Obtenido de <https://www.ecologistasenaccion.org/?p=16233>

Consumo de combustible: Para el consumo de combustible Tritone plantea utilizar el modelo matemático de Akcelik. Este tipo de modelos permite estimar el consumo instantáneo de un vehículo, en un proceso de simulación, basado en estadísticas de muestras de vehículos.

Este modelo de consumo de combustible asume que cada vehículo está en punto muerto o en crucero a una velocidad constante o en aceleración o desaceleración. El estado de cada vehículo se determina y luego el modelo utiliza la fórmula adecuada para calcular el combustible consumido. Para vehículos en espera y desaceleración, el consumo (en kg/ s) puede considerarse constante. (Akcelik, 1983)

Índice de seguridad APRI: Es un parámetro que mide la seguridad de la vía mientras más bajo sea este parámetro más seguro resultara la vía, este parámetro varía entre 0% y 100%. (Vincenzo Pasquale, 2016) Este parámetro es calculado en función de las maniobras de desaceleración que experimentan los vehículos. En la Tabla 32 se presenta una clasificación de seguridad en función del porcentaje APRI.

Tabla 32. Parámetro de evaluación de seguridad de la intersección (A.P.R.I.)

A.P.R.I (%)	Clasificación de la seguridad
0-20	Excelente
20-40	Muy Buena
40-60	Aceptable
60-80	Deficiente
80-100	Muy Deficiente

Nota: Recuperado de “*Software TRITONE 19*”, 2019, Cuenca, Ecuador.

Tasa de Desaceleración DRAC: Es un indicador de seguridad, definida como la máxima desaceleración requerida para evitar el impacto, obtenida de la física sin considerar las fricciones con un límite de 3.35 m/s² (Archer, 2005). Este parámetro está asociada a la velocidad a su vez a las maniobras de parar, frenar y acelerar, son esenciales para la estimación de costos de operación, consumo de combustible y emisiones de gases contaminantes, así como también para el análisis de consistencia de diseño de carreteras.

4.3. Microsimulación del estado actual

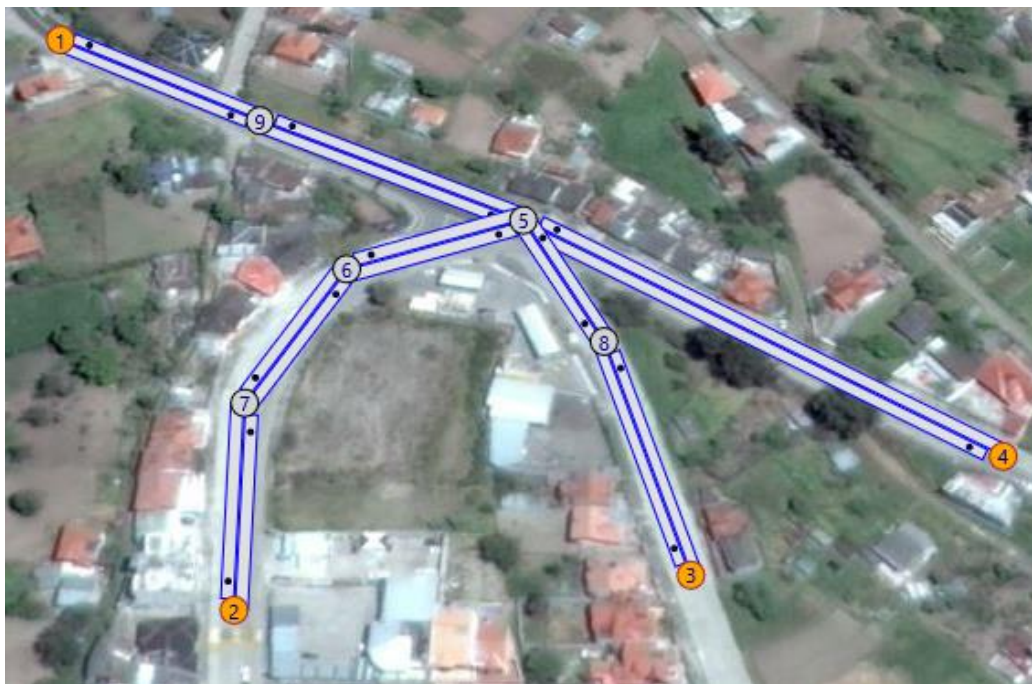


Figura 19. Microsimulación de la situación actual de la intersección

Nota: Recuperado de “Software TRITONE 19” ,2019, Cuenca, Ecuador.

La Figura 19 muestra el modelo para la situación actual creado mediante la herramienta de microsimulación TRITONE, en la cual se construyó una red vial formado por nodos principales 1, 2, 3, 4 y por nodos auxiliares 5, 6, 7, 8, cada nodo es conectado mediante tramos para acoplarse a la geometría del proyecto. Dicho tramo se configura como se indicó en la Figura 18.

Los nodos principales representan un punto de origen o destino de los flujos vehiculares, dichos nodos permiten establecer indicadores de tránsito, como tiempos de viaje, tiempos de demora, consumo de gasolina y las emisiones de CO₂ para las diferentes maniobras de origen/destino establecidas en nuestro proyecto.

Una vez configurada la red vial de la situación actual se ejecuta el modelo y los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 33.

Tabla 33. Resultado de la microsimulación de la situación actual de la intersección

Entradas	E1			E2			E3			E4		
Salidas	S2	S3	S4	S1	S3	S4	S1	S2	S4	S1	S2	S3
Velocidad de circulación Libre: V (Km/h)	68,67	69,82	80	68,67	60	68,79	69,82	60	69,94	80	68,79	69,95
Velocidad de circulación promedio: V (Km/h)	59,62	52,97	63,53	56,96	45,79	54,63	56,9	50,93	54,33	66,44	59,41	52,86
Capacidad del acceso: ci (veh/h)	1900	1900	1900	1700	1700	1700	1700	1700	1700	1900	1900	1900
Demora por acceso: dA (s/veh)	17,51	17,68	16,8	18,33	20,22	19,34	16,46	18,18	17,47	16,07	17,79	17,96
Emisiones de CO2: (g/Km)	218,71	425,21	316,49	427,45	576,29	532,52	364,78	319,20	483,98	249,87	221,62	497,93
Consumo de combustible: (l/km)	0,077	0,103	0,131	0,092	0,096	0,115	0,08	0,063	0,108	0,088	0,065	0,095
Tasa de Desaceleración: DRAC (m/s2)	0,264	0,194	0,315	0,157	0,114	0,185	0,18	0,209	0,225	0,155	0,198	0,083
Índices de seguridad de toda la intersección:												
A.P.R.I (%)												1,3%
Porcentaje DRAC												4,0%

Nota: Recuperado de “Software TRITONE 19” ,2019, Cuenca, Ecuador.

Se puede evidenciar en la Tabla 40, que la situación actual presenta una velocidad de circulación promedio que está por debajo de los 80 Km/h y 60 Km/h establecidas actualmente tanto para la vía principal como la panamericana Biblián respectivamente. Esto indica que la vía no brinda las condiciones óptimas para los vehículos puedan transitar a velocidades de 80 y 60 Km/h. Por otro lado, para las condiciones actuales de nuestro proyecto dichas emisiones supera los 200 gr/Km para todas las maniobras de origen destino (O/D), logrando ser excesivamente contaminante según la Tabla 31.

El índice de seguridad APRI. y el índice de desaceleración DRAC. para toda la intersección tiene un valor de 1.3% y 4% respectivamente la cual indica que tiene un nivel de seguridad excelente según la Tabla 32. Sin embargo, se han reportado varios casos de accidentes en dicha intersección lo cual permite concluir que los accidentes suscitados han sido plenamente por la falta de señalización y por los conductores que realizan giros de manera imprudente ya que no existe ninguna restricción para dichos giros.

4.4. Microsimulación de la alternativa 1

La red vial para la microsimulación de la Alternativa 1 planteada a un mismo nivel de la intersección, se observa en la Figura 20.

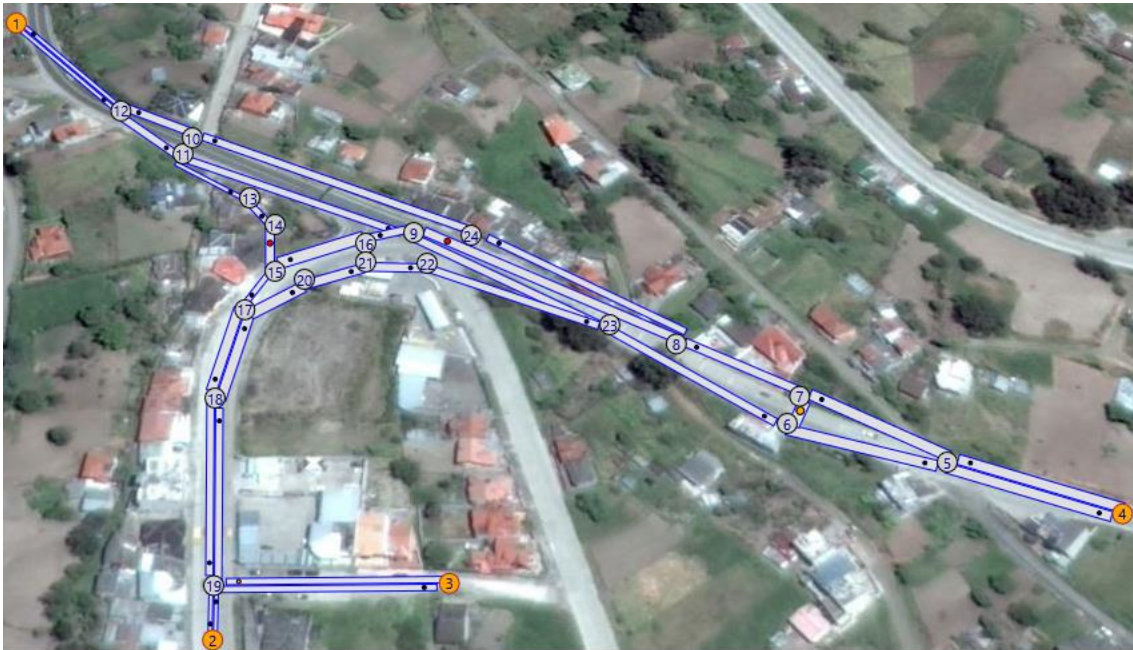


Figura 20. Microsimulación de la alternativa 1

Nota: Recuperado de “Software TRITONE 19” ,2019, Cuenca, Ecuador.

Al igual que en el estado actual, esta alternativa consta de 4 nodos principales y 20 nodos auxiliares, cada nodo es conectado mediante tramos o arcos para acoplarse a la geometría de esta alternativa como muestra la Figura 20. Los nodos principales representan un punto de origen o destino de los flujos vehiculares, dichos nodos permiten establecer indicadores de tránsito, en base a las matrices de origen/destino establecidas en nuestro proyecto.

También podemos mencionar que en los tramos 6-7 y 8-9 se implementó la señal PARE, mientras que para el tramo 6-7 se implementó la señal CEDA EL PASO a fin de que los vehículos se integren de forma segura a los tramos de destino.

Los resultados obtenidos de la simulación de tránsito el software TRITONE 19 de la Alternativa 1, se muestra a continuación en la Tabla 34.

Tabla 34. Resultado de la simulación de la alternativa 1

Entradas	E1			E2			E3			E4		
Salidas	S2	S3	S4	S1	S3	S4	S1	S2	S4	S1	S2	S3
Velocidad de circulación Libre: V (Km/h)	40	39,72	60	48,97	40	48,91	48,17	40	46,15	54,56	48,62	48,32
Velocidad de circulación promedio: V (Km/h)	41,94	42,03	52,8	47,04	37,9	41,6	45,41	32,29	39,93	54,32	39,13	39,94
Capacidad del acceso: ci (veh/h)	1700	1700	1700	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1700	1700	1700
Demora por acceso: dA (s/veh)	39,22	43,87	34,02	66,06	14,95	41,25	73,31	17,55	48,50	33,02	43,90	48,53
Emisiones de CO2: (g/Km)	397,87	395,35	470,51	382,22	564,35	447,60	354,16	365,20	405,51	319,36	385,53	383,27
Consumo de combustible: (l/km)	0,099	0,095	0,135	0,099	0,185	0,114	0,092	0,151	0,104	0,123	0,120	0,116
Tasa de Desaceleración: DRAC (m/s2)	0,154	0,150	0,161	0,146	0,084	0,122	0,143	0,077	0,117	0,17	0,152	0,148
Índices de seguridad de toda la intersección:												
A.P.R.I (%)												0,90 %
Porcentaje DRAC de la Intersección												2,60 %

Nota: Recuperado de “Software TRITONE 19” ,2019, Cuenca, Ecuador.

En Tabla 34, se observa que la velocidad de circulación promedio bajó en comparación a la velocidad a la que fue diseñada de 60 y 40 Km/h para la vía rápida y sus ramales respectivamente, esto sin duda se debe a que los vehículos tienen que hacer mayores paradas a fin de respetar las señales reglamentarias del Tránsito que se vio necesario colocar. Además, se puede ver que el índice de seguridad APRI. sigue siendo excelente, aunque el tiempo de demora aumento esto se debe a los carriles implementados en la intersección, por lo que ahora los vehículos tendrán que realizar un recorrido mayor para dirigirse a su lugar de destino y evitar entrar a la intersección.

Por otro lado, las emisiones de CO₂ para los diferentes giros O/D sigue siendo altamente contaminante superando los 200 gr/km como establece la página web ecologistas en acción.

4.5. Microsimulación de la alternativa 2

La microsimulación de la alternativa 2 en la cual se plantea un paso a desnivel, se muestra en la Figura 21.

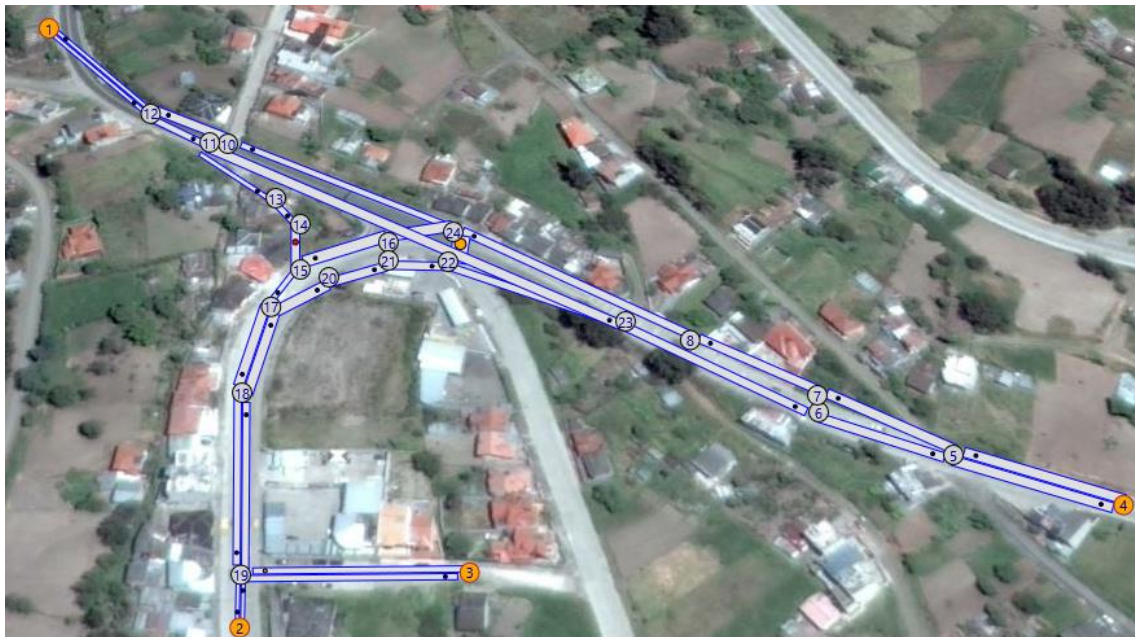


Figura 21. Microsimulación de la Alternativa 2

Nota: Recuperado de “Software TRITONE 19” ,2019, Cuenca, Ecuador.

De la misma forma que la alternativa 1, esta alternativa a desnivel consta de 4 nodos principales y 20 nodos auxiliares, cada nodo es conectado mediante tramos o arcos para acoplarse a la geometría de esta alternativa como muestra la Figura 21. Los nodos principales representan un punto de origen o destino de los flujos vehiculares, dichos nodos permiten establecer indicadores de tránsito, en base a las matrices de origen/destino establecidas en nuestro proyecto.

También podemos mencionar que en el tramo 14-15 se implementó la señal PARE, mientras que para el tramo 22-24 se implementó la señal CEDA EL PASO a fin de que los vehículos se integren de forma segura a los tramos de destino, el paso a desnivel se encuentra designada por el tramo 11-23.

Los resultados obtenidos de la simulación de tránsito para una intersección a desnivel realizada en el software TRITONE 19, se puede ver en la Tabla 35.

Tabla 35. Resultado de la microsimulación de la alternativa 2

Entradas	E1			E2			E3			E4		
Salidas	S2	S3	S4	S1	S3	S4	S1	S2	S4	S1	S2	S3
Velocidad de circulación Libre: V (Km/h)	36,07	36,56	60	43,75	40	45,89	43,28	40	45,13	60	48,62	47,46
Velocidad de circulación promedio: V (Km/h)	26,39	27,18	52,80	35,82	33,77	40,73	34,29	30,21	38,22	51,34	41,17	40,15
Capacidad del acceso: ci (veh/h)	1700	1700	1700	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1700	1700	1700
Demora por acceso: dA (s/veh)	53,78	60,34	31,60	47,12	16,78	42,12	55,67	18,76	50,67	35,11	41,72	48,29
Emisiones de CO2: (g/Km)	819,40	820,63	496,10	646,60	517,62	375,38	623,21	395,18	352,00	366,42	445,14	446,25
Consumo de combustible: (l/km)	0,206	0,203	0,148	0,176	0,203	0,120	0,163	0,150	0,106	0,116	0,126	0,123
Tasa de Desaceleración: DRAC (m/s2)	0,169	0,163	0,244	0,121	0,102	0,123	0,123	0,137	0,121	0,171	0,169	0,164
Índices de seguridad de toda la intersección:												
A.P.R.I (%)												1,10 %
Porcentaje DRAC de la Intersección												3,20 %

Nota: Recuperado de “Software TRITONE 19”, 2019, Cuenca, Ecuador.

En esta alternativa se plantea un paso a desnivel razón por la cual mejora los indicadores de gestión de tránsito para las rutas principales E1-S4 y E4-S1 como indica la Tabla 35, por otra parte el tráfico que pasa por debajo del paso a desnivel E4-S2 sería más frecuente lo cual afecta a la salida de los vehículos de la ruta E1-S2 y E1-S3 haciendo que la velocidad de circulación promedio para estas rutas disminuya considerablemente, la cual implica un aumento significativo en los tiempos de viaje, así mismo generaría un aumento excesivo en las emisiones de CO2 y consumo de combustible.

Capítulo V: Análisis Comparativo

En este apartado se realiza una comparación entre las alternativas planteadas y la situación actual en base a los resultados obtenidos en los capítulos anteriores, en donde se analizará el impacto del tráfico desde el punto de vista de la seguridad, además de una manera general se analizará los impactos ambientales y económicos.

5.1. Análisis de los resultados

5.1.1. Impacto sobre el tráfico

El problema más importante que se ha suscitado en la intersección es el número de accidentes según datos oficiales proporcionados por la Policía Nacional de Tránsito en una reunión el 6 de diciembre de 2018, en dicha intersección se ha registrado 9 accidentes que han concluido con lesiones fatales desde el 2014. Este inconveniente, se analiza en función de los puntos de conflicto que se redujo con cada alternativa de solución propuesta. En la Tabla 36 se muestra los resultados de los puntos de conflicto entre las alternativas y la situación actual.

Tabla 36. Resultado de los puntos de conflicto

Opción	Número de puntos de conflicto
Situación actual	32
Alternativa 1	7
Alternativa 2	7

Por otra parte, se realiza un análisis y comparación de los parámetros de gestión del tráfico obtenidos por microsimulación mediante el Software TRITONE 19.

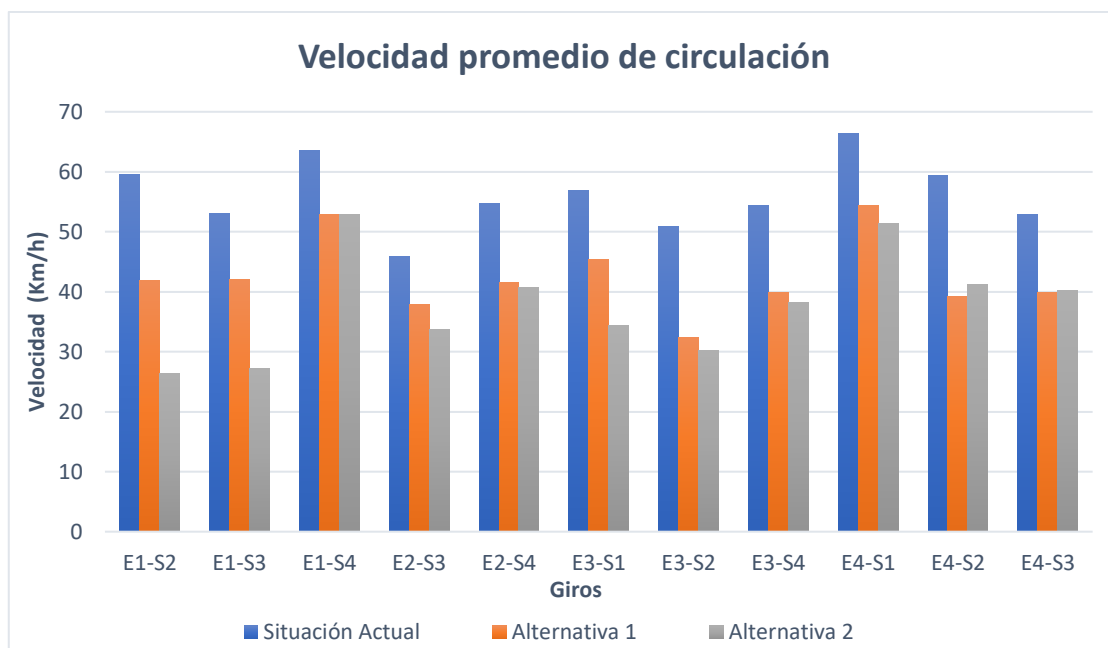


Figura 22. Velocidades promedio de la intersección

De acuerdo a la Figura 22, la velocidad de circulación más alta corresponde a la situación actual, siendo este el motivo por el cual se producen accidentes ya que la vía no está diseñada geométricamente para velocidades mayores a 60 Km/h como se puede confirmar en el capítulo

6. Sin embargo, entre la alternativa 1 y 2 diseñadas adecuadamente cumpliendo normativas se puede ver que la alternativa 1 es la mejor opción ya que presenta mayores velocidades de circulación frente a la alternativa 2 con excepción de la E4-S2.

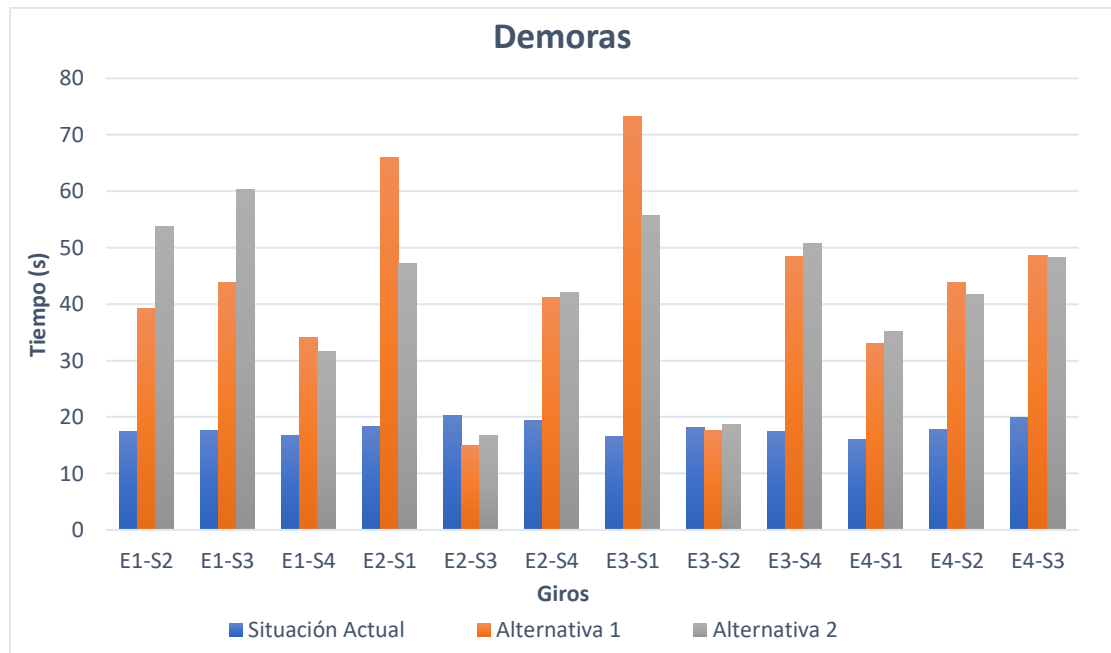


Figura 23. Demoras de intersección

La Figura 23, muestra que las alternativas 1 y 2 presentan mayores demoras frente a la situación actual, esto se debe a que los vehículos tendrán que realizar un mayor recorrido a fin de evitar entrar a la zona de conflicto de la intersección.

La alternativa 1 presenta demoras considerables en los giros E2-S1 y E3-S1 mientras que la alternativa 2 lo hace en los giros E1-S2 y E1-S3, no obstante, la mejor solución es la alternativa 1 ya que, a pesar de presentar grandes demoras en dichos giros, el número de vehículos en hora pico es menor a la de la alternativa 2 según las Tablas 28, 29 y 30.

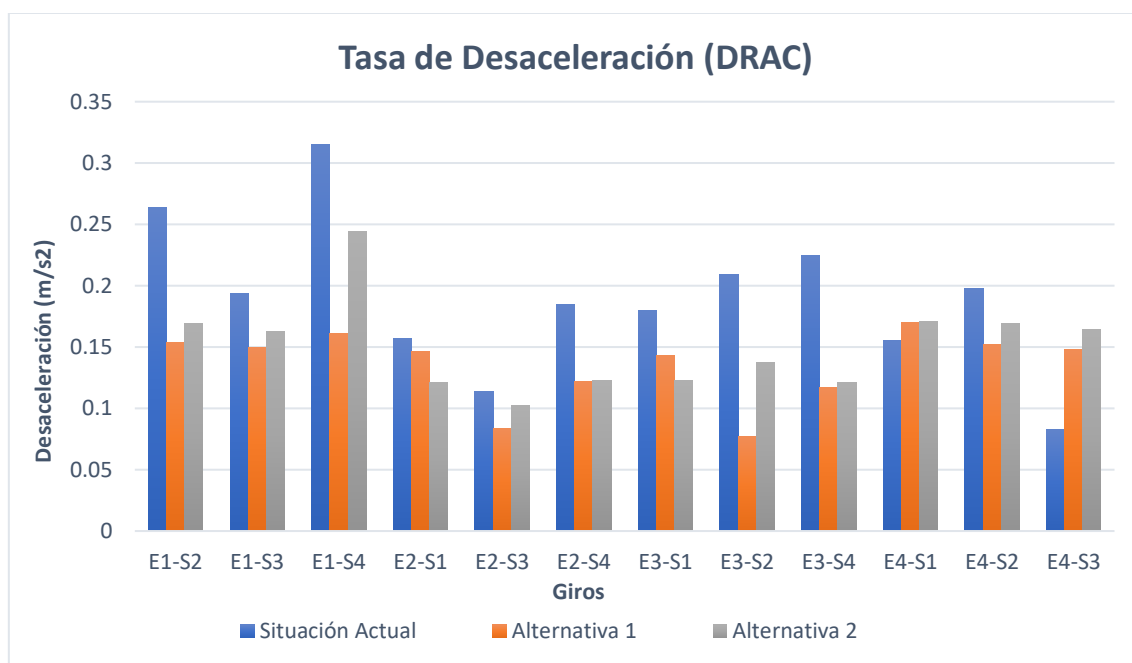


Figura 24. Tasa de desaceleración

Como se puede evidenciar en la figura 32 la tasa de desaceleración para la situación actual es significativo en la vía principal E1-S4, esto se debe a que los vehículos tienen que desacelerar para no chocar con los vehículos que realizan el giro E4-S2, en base a lo mencionado se puede definir que la situación actual presenta la probabilidad o posibilidad de tener mayores accidentes.

Por otra parte, la alternativa 1 presenta menor tasa de desaceleración para el tramo E1-S4 haciendo de esta alternativa la más segura para transitar según las velocidades diseñadas en el capítulo 6.

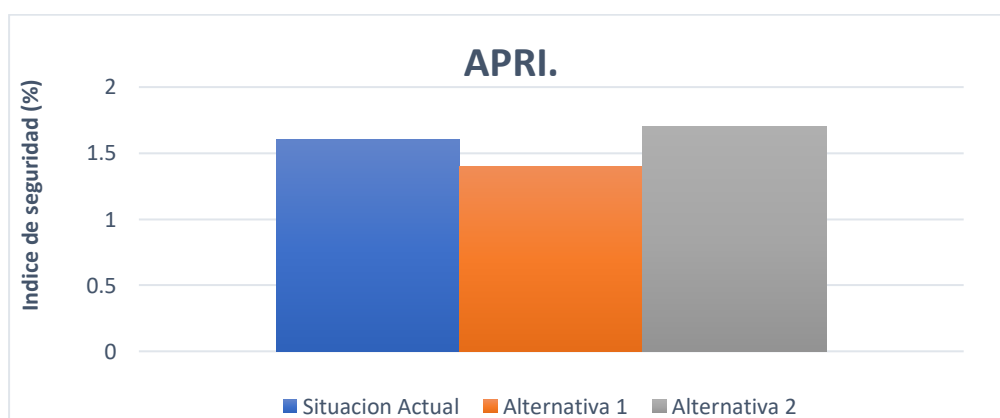


Figura 25. Índice de Seguridad

La Figura 25, muestra que el índice de seguridad APRI. en el Alternativa 1 tiene el menor porcentaje, lo cual presenta mayor seguridad, aunque no de manera significativa.

5.1.2. Impacto Ambiental

La identificación del impacto ambiental es fundamental incorporar en cualquier proyecto. Para lograr una adecuada identificación de los mismo existe una amplia gama de parámetros, para el análisis de este proyecto se basa en las emisiones de CO₂ que se han producido en la intersección de estudio, obtenido del software TRITONE 19.

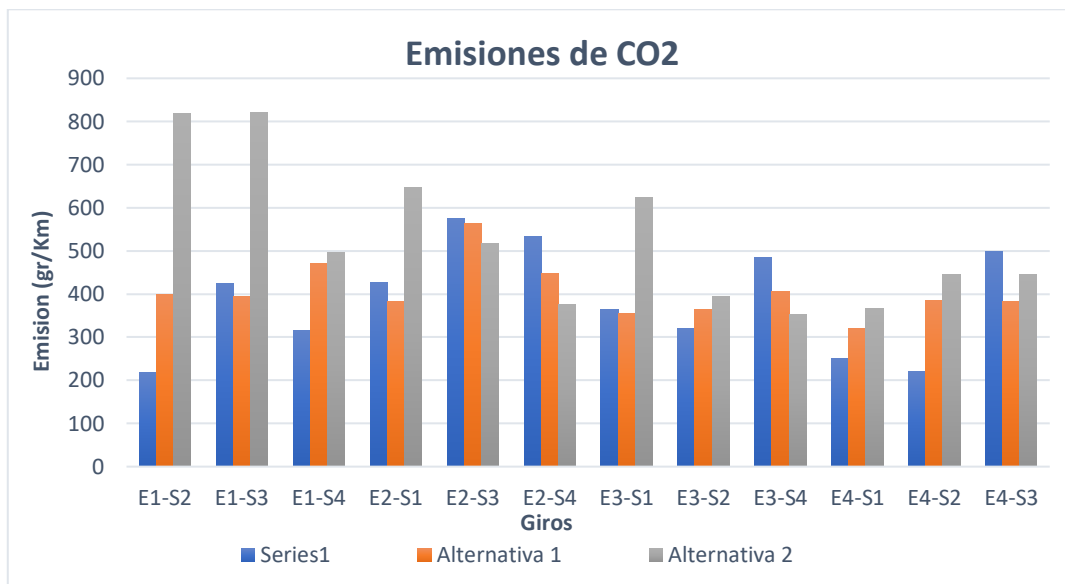


Figura 26. Emisiones de CO₂

El mayor impacto ambiental producido por las emisiones de CO₂ se observa en la Alternativa 2 especialmente en los flujos E1-S2, E1-S3 y E3-S1, a pesar de que se implementó un paso a desnivel sin embargo la alternativa uno genera menos contaminación y según la Figura 26 dicha alternativa se aproxima a las cantidades de emisión del estado actual siendo estas dos las más amigables con el medio ambiente.

5.1.3. Impacto Económico

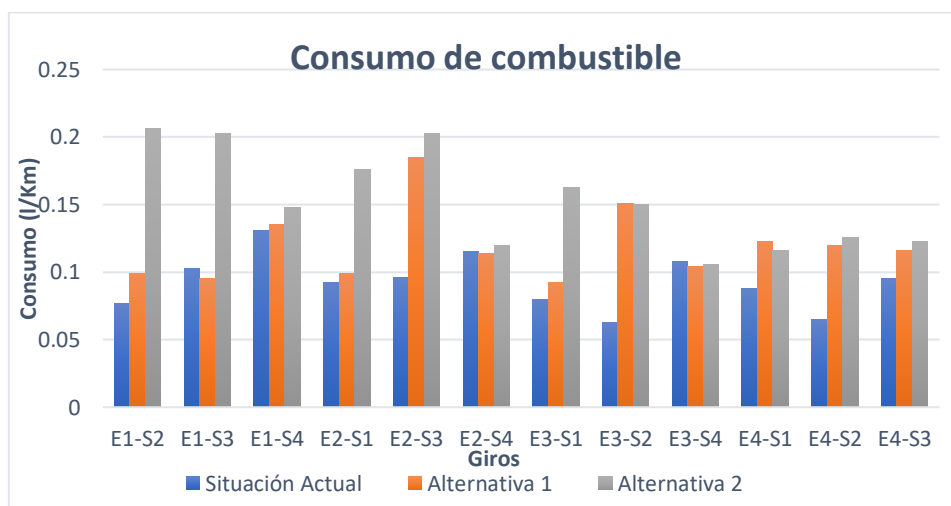


Figura 27. Consumo de combustible



Controlar el consumo de combustible en una vía es la mejor estrategia para reducir gastos, ya que la gasolina presenta uno de los mayores costos para mantener a un vehículo en operación. Según la Figura 27 el mayor consumo de combustible se da en los giros E1-S2, E1-S3, E2-S1 y E3-S1 de forma desproporcionada frente a la alternativa 1 y a la situación actual haciendo de la alternativa 1 la mejor solución.

Por otra parte, al momento de ejecutar proyectos viales es necesario considerar una gestión económica teniendo en cuenta aspectos como: la protección del patrimonio arqueológico y cultural, la contratación de mano de obra, expropiaciones, etc. (Int Panis, Broekx, & Liu, 2006)

El análisis del impacto económico de las alternativas se realiza de una manera general. Tal como lo indica Hernández (2015): las intersecciones a nivel resultan ser muy convenientes porque presentan mayor factibilidad de proyecto y construcción, requiere menor superficie para alojarse y además son más económicas que otras alternativas tales como puentes, túneles o desniveles (p. 26). Pese a que, en ninguna alternativa planteada se vio necesario la expropiación de edificaciones, se considera que la construcción y mantenimiento de un paso elevado resultaría muy costoso, aunque su análisis costo/beneficio se justificaría porque se logró eliminar la mayor cantidad de puntos de conflicto, sin embargo, la reducción de los puntos de conflicto en la intersección a nivel con respecto a la intersección a desnivel no varía de manera significativa.

En definitiva, en base a lo evidenciado a los resultados el escenario con los mejores resultados en sus indicadores de Transito es la Alternativa 1, aunque la velocidad de circulación es realmente baja en comparación con la situación actual, se evidencia que esta última impacta más ya que los conductores realizan maniobras de giros innecesarios debido a la falta de señalización horizontal y falta de restricciones lo cual ha cobrado la vida de varios usuarios.

Capítulo VI: Diseño geométrico

En este capítulo se expone el diseño geométrico de la mejor alternativa en base a los resultados de los capítulos anteriores, además, la elaboración de planos.

6.1. Criterios básicos de diseño

En el diseño de la Alternativa 1, se considera algunos criterios básicos para el alineamiento horizontal y vertical de acuerdo con la normativa NEVI-12. Los valores de diseño recomendados para el diseño horizontal se muestran en la tabla 37.

Tabla 37. Criterios básicos de diseño para el alineamiento horizontal

	Velocidad de diseño (Km/h)	Radio mínimo (m)	Peralte máximo (%)	Factor de Fricción	Gradiente longitudinal mínima (%)	Bombeo (%)	Ancho de Carril (m)
Vía rápida	60	115		0,15			
Panamericana	40	45	4	0,17	0,50	2	3,65
Calle sin nombre	50	75		0,16			

Nota: Recuperado de “Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12-MTOP”, de MTOP, 2013, Quito, Ecuador, MTOP.

A fin de no afectar la infraestructura aledaña a la vía, en especial las edificaciones se propone tomar velocidades como muestra la Tabla 37, ya que dichas velocidades permiten proyectar radios mínimos acorde a la geometría de la vía existente.

Así mismo, para la realización del diseño vertical de la intersección se tomó los siguientes valores como referencias, como se puede visualizar en las tablas 38 y 39.

Tabla 38. Criterios básicos para curvas convexas

	Longitud controlada por visibilidad de frenado			Longitud controlada por visibilidad de Adelantamiento	
	Velocidad de diseño (Km/h)	Distancia de Visibilidad de Frenado (m)	Índice de Curvatura K	Distancia de Visibilidad de Adelantamiento (m)	Índice de Curvatura K
Vía Rápida	60	85	11	410	195
Panamericana	40	50	3,8	270	84
Calle sin nombre	50	65	6,4	345	138

Nota: Recuperado de “Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12-MTOP”, de MTOP, 2013, Quito, Ecuador, MTOP.

Tabla 39. Criterios básicos para curvas cóncavas

	Longitud controlada por visibilidad de frenado		
	Velocidad de diseño (km/h)	Distancia de Visibilidad de Frenado (m)	Índice de Curvatura K
Vía Rápida	60	85	18
Panamericana	40	50	9
Calle sin nombre	50	65	13

Nota: Recuperado de “Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12-MTOP”, de MTOP, 2013, Quito, Ecuador, MTOP.



Para cada una de las velocidades de diseño la NEVI-12 propone valores mínimos de curvatura como muestra la Tabla 38 y 39, a fin de garantizar una correcta visibilidad de frenado y a su vez una adecuada visibilidad de adelantamiento.

Las curvas verticales son proyectas de modo que permitan, cuando menos la visibilidad en una distancia igual a la visibilidad mínima de frenado y cuando sea razonable, una visibilidad mayor a la distancia de visibilidad de adelantamiento. (Ecuador, 2013) Para nuestro proyecto nos enfocaremos solo en controlar la velocidad de frenado ya que la geometría del lugar no permite curvaturas pronunciadas y con esto se prohíbe un rebasamiento sobre la intersección.

6.2. Distancia de cruce

Por otro lado, es necesario analizar la Distancia de cruce, la cual nos indica la distancia mínima de visibilidad que tiene el conductor para reaccionar frente al cruce de un obstáculo (vehículo) sobre la vía, la misma que se calcula en base a la siguiente ecuación (Norma 3.1-IC, 2012)

$$D_c = \frac{v \cdot t_c}{3.6} \quad \text{Ecuación 14}$$

donde: D_c = Distancia de cruce (m)

V = Velocidad (km/h) en la vía atravesada

t_c = Tiempo (s) que se tarda en realizar el movimiento completo de cruce.

El valor de t_c para movimientos de cruce de una vía con prioridad de paso y para movimientos de cruce con maniobra de giro a la izquierda con carriles centrales de almacenamiento y espera, se obtiene mediante la fórmula:

$$t_c = t_p + \sqrt{\frac{2(3+l+w)}{9.8j}} \quad \text{Ecuación 15}$$

donde: t_p = Tiempo de percepción y reacción del conductor (s).

l = Longitud (m) del vehículo que atraviesa la vía. Se considerarán los valores de la Tabla A3.1 (Anexo 3), en función del vehículo patrón característico.

w = Ancho (m) total de los carriles atravesados.

j = Aceleración del vehículo que realiza el movimiento de cruce, en unidades "g". Se considerarán los siguientes valores, en función del vehículo que cruza:

$j = 0,055$ para vehículos articulados

$j = 0,075$ para vehículos pesados rígidos

$j = 0,150$ para turismos y furgones

En base a lo descrito anteriormente para nuestro proyecto se tomó los siguientes parámetros para calcular la distancia de cruce:

- H = Altura de la visual del conductor según NEVI-12 es 1.10 m.
- h = Altura del obstáculo (vehículo liviano) igual a 0.5 m.
- $l = 12.20$ m. Según la NEVI-12
- t_p = Se adopta un valor de 2.0 seg. Según la NEVI-12
- $w = 3.65$ m.

Con lo cual se calculó una distancia de cruce de 150 metros.

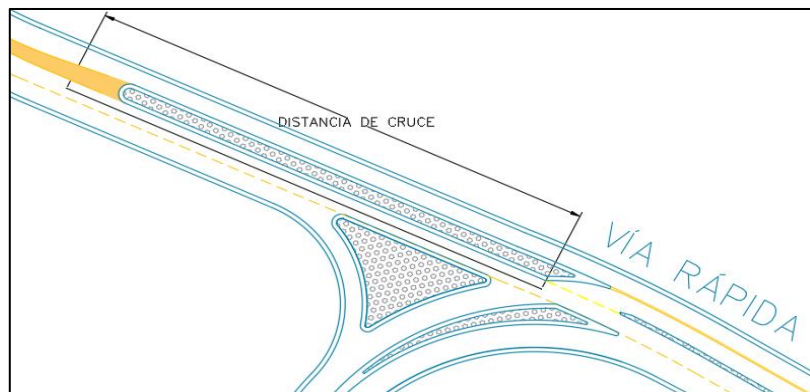


Figura 28. Distancia de cruce vista en planta

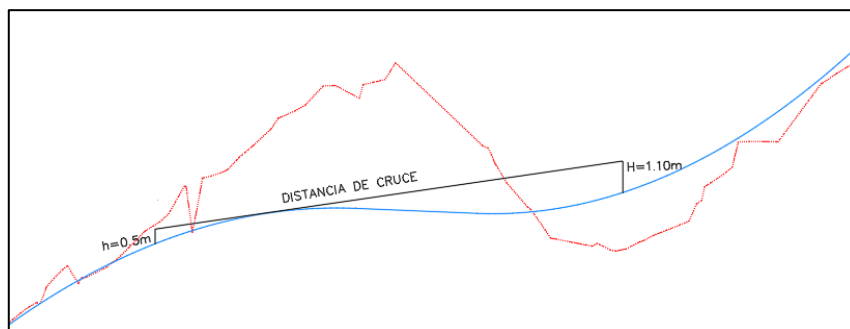


Figura 29. Distancia de cruce vista en perfil

La Figura 28 y 29 muestra un esquema de proyección de la distancia de cruce sobre la intersección de estudio.

6.3. Verificación diseño horizontal

Una vez establecida las velocidades de circulación y junto a ello los radios mínimos para el diseño horizontal como se indicó en la sección 6.1 se procede a la verificación para cada una de las curvas existentes sobre la vía rápida y también sobre la panamericana Biblián como se muestra en la tabla 40 y 41 respectivamente.

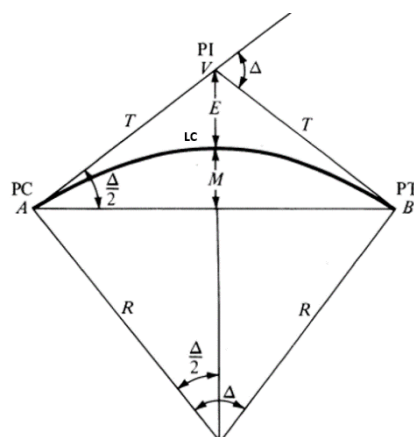


Figura 30. Elementos de una curva circular para una vía

Fuente: "Traffic & Highway Engineering", de Garber & Hoel, 2009, p.771, Virginia, EEUU.

La figura 30 muestra los elementos que tiene una curva circular las cuales se utiliza para comprobar el diseño horizontal de la vía.

Tabla 40. Comprobación del diseño horizontal para la vía rápida (60 km/h)

Núm. de Curva	ABSCISA PC	ABSCISA PT	Δ (gra)	R (m)	LC (m)	T (m)	E (m)	M (m)	Peralte máx. (%)	Sobreeancho (m)	Sobrelevación (m)	Ltr Norma (m)	Lt (m)	Lt/2 (m)	Lt1+Lt2 (m)	Lt Total (m)	VERIFICACIÓN
1	0+040,35	0+167,88	55,452	131,78	63,76	69,26	16,91	15.13	6,51	0,57	0,001	35,00	36,62	18.3			
2	0+267,09	0+313,18	8,3582	315,98	23,05	23,09	0,84	0,84	6,03	0,24	0,001	35,00	33,91	17,5	35.81	99,20	CUMPLE
3	0+412,41	0+449,29	8,023	263,40	18,44	18,47	0,65	0,65	4,24	0,28	0,001	35,00	23,84	17,5	35.00	99,23	CUMPLE
4	0+471.75	0+493,10	6,7954	180.00	10,67	10,69	0,32	0,47	0.75	0,41	0,001	35,00	4,21	17,5	35.00	22.46	NO CUMPLE
5	0+552,88	0+560,67	2,1647	206.01	3.89	3.89	0,04	0,04	1,24	0,36	0,001	35,00	6,98	17,5	35.00	59.78	CUMPLE

La longitud de transición (Lt) no cumple con la normativa para la curva 4 por lo que es necesario la colocación de una señal reglamentaria (Reducir la Velocidad a 40 (km/h)

Tabla 41. Comprobación del diseño horizontal de la carretera panamericana (40 km/h)

Núm. de Curva	ABSCISA PC	ABSCISA PT	Angulo (gra)	Radio (m)	LC (m)	T (m)	E (m)	M (m)	Peralte máx. (%)	Sobreeancho (m)	Sobrelevación (m)	Ltr Norma (m)	Lt (m)	Lt/2 (m)	Lt1+Lt2 (m)	Lt Total (m)	VERIFICACIÓN
1	0+000.00	0+061.46	60,498	58,64	30,96	34,20	9,24	7,98	4,48	1,283	0,001	35	25,22	17,5			
2	0+067.03	0+093.04	21,202	70,27	13,00	13,15	1,19	1,20	0,93	1,067	0,001	35	5,22	17,5	35,00	5.58	NO CUMPLE
3	0+110.34	0+146.22	4,8178	70,00	2,94	2,95	0,06	0,06	1,00	1,071	0,001	35	5,61	17,5	35,00	36.21	CUMPLE
4	0+168.75	0+191.41	8,0548	161,2	11,35	11,35	0,40	0,40	9,18	0,462	0,001	35	51,66	25,8	43,33	52.49	CUMPLE

Se observa que el diseño horizontal en base a la longitud de transición (Lt) no cumple en la Carretera Panamericana por lo que es necesario la colocación de señales Reglamentarias del Tránsito reduciendo aún más las velocidades de circulación.

6.4. Verificación diseño vertical

Para la verificación del diseño vertical se identificó el tipo de curvatura para cada número de curva y luego se calculó el índice de curvatura K que es el cociente entre la longitud de curva (L) y el valor absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes (A)

$$K = \frac{L}{A} \quad \text{Ecuación 16}$$

Una vez calculado el índice de curvatura hacemos una comparación con los índices mínimos dados por la normativa NEVI-12 tabla 38 y 39 acorde al tipo de curva.

Cabe mencionar que para el diseño de la alineación vertical sobre la vía principal (E1-S4) se utilizó la distancia de cruce de tal manera que el conductor pueda reaccionar ante los obstáculos presentados por la vía.

De esta manera dicha verificación se puede observar en la Tabla 42 y 43.

Tabla 42. Comprobación del diseño vertical

Alineaciones	Velocidad (km/h)	Distancia de parada (m)	Curva	Tipo	LVC diseño	K	PENDIENTE		Kmin	VERIFICACIÓN
							inicial	final		
Vía Rápida	60	85	1	Cóncava	203.113	20.85	9.35	-0.39	18	CUMPLE
			2	Convexa	118.722	12.75	-0.39	8.92	11	CUMPLE
			3	Cóncava	120.313	18.23	8.92	2.32	18	CUMPLE
			4	Convexa	100.72	13.11	2.32	10	11	CUMPLE
E1 - S2	20	20	5	Convexa	11.701	4.74	-0.39	2.08	3	CUMPLE
E4 - S2	40	50	6	Cóncava	24.376	4.01	2.08	-4	3	CUMPLE
			7	Cóncava	78.559	9.82	-2	-10	9	CUMPLE
E2 - S4	40	50	8	Convexa	45.275	15.56	-10	-7.09	3.8	CUMPLE
			9	Convexa	41.119	7.86	4.77	10	3.8	CUMPLE
Calle Sin Nombre	40	50	10	Cóncava	22.875	21.18	10	8.92	9	CUMPLE
			11	Cóncava	28.88	6.26	2	-6.61	9	CUMPLE
			12	Convexa	61.3	7.12	-6.61	2	3.8	CUMPLE

Nota: El rediseño de la intersección cumple con el diseño Horizontal.

Tabla 43. Resultado del diseño vertical

Alineaciones	Velocidad (km/h)	Distancia de parada (m)	Curva	Tipo	PCV		PIV		PTV	
					Abscisa	Cota	Abscisa	Cota	Abscisa	Cota
Vía Rápida	60	85	1	Cóncava	0+011.29	2664.51	0+112.85	2674.01	0+214.41	2673.61
			2	Convexa	0+240.42	2673.51	0+299.34	2673.21	0.359.14	2678.57
			3	Cóncava	0+362.64	2678.9	0+422.35	2684.18	0+483.15	2685.66
			4	Convexa	0+491.25	2685.85	0+540.89	2687.1	0+591.97	2692.06
E1 - S2	20	20	5	Convexa	0+003.19	2673.21	0+018.53	2673.18	0+014.89	2673.31
E4 - S2	40	50	6	Cóncava	0+018.53	2673.38	0+030.72	2673.63	0+042.91	2673.15
			7	Cóncava	0+023.00	2673.51	0+062.28	2672.72	0+101.56	2668.79
E2 - S4	40	50	8	Convexa	0+116.14	2667.34	0+138.78	2665.07	0+161.41	2663.47
			9	Convexa	0+081.90	2667.71	0+102.46	2668.69	0+123.02	2670.75
Calle Sin Nombre	40	50	10	Cóncava	0+140.90	2672.54	0+152.34	2673.68	0+163.78	2674.70
			11	Cóncava	0+020.64	2662.19	0+035.08	2661.9	0+049.52	2660.94
			12	Convexa	0+051.14	2660.84	0+081.79	2658.81	0+113.69	2659.45

Capítulo VII: Conclusiones Y Recomendaciones

7.1. Conclusiones

De acuerdo a la situación actual, la intersección posee velocidades de circulación de 80 y 60 Km/h para la cual no está diseñada geométricamente ya que las curvas no cumplen con los radios mínimos tanto para la vía principal como para la panamericana Biblián respectivamente, sumando a esto la existencia de 32 puntos de conflicto, se concluye que es una vía con mayor riesgo de accidentabilidad. Por otra parte, de acuerdo al aforo vehicular la intersección presenta grandes flujos para la ruta E1-S4 y E4-S2 definiendo a estas rutas como peligrosas ya que existe un entrecruzamiento entre ellas.

Se planteo dos alternativas de solución, Alternativa 1 Intersección a nivel, alternativa 2 Intersección con paso elevado, de acuerdo al aforo vehicular para la salida (S3) y la entrada (E3) se calculó un TPDA actual de 173 y 282 respectivamente, en base a lo mencionado para dichas alternativas se eliminó el acceso y salida de la avenida Francisco Calderón desviando el tráfico existente por la calle sin nombre generando frente a esto la reducción de 16 puntos de conflicto, sumando a esto una señalización adecuada y la implementación de carriles de aceleración y desaceleración se concluye que la vía aumenta el nivel de seguridad para los usuarios que transitan por dicha vía.

Con respecto a la comparación de alternativas incluyendo la situación actual, La alternativa 1 en la cual se proyectó una intersección a nivel, presentó mejores resultados en base a indicadores de tránsito, impactos ambientales y aspectos económicos, Sin embargo, la alternativa que redujo más el grado de accidentabilidad entre las rutas denominadas peligrosas E1-S4 y E4-S2 fue la alternativa 2 que consta de un paso elevado. Además, en la alternativa 2 los niveles de CO2 son altos en la entrada 1 a pesar de que se implementó un paso a desnivel en comparación a la alternativa 1, esto se debe a que los vehículos que realizan el giro E1-S2 tienden a desacelerar y acelerar con mayor frecuencia para incorporarse a la carretera panamericana Biblián ya que el flujo E4-S2 pasa sin restricción por debajo del paso elevado afectando la salida del giro E1-S2.

Frente al diseño a nivel de prefactibilidad, se realizó el diseño geométrico de la alternativa 1 intersección a nivel basándonos en la normativa vigente NEVI 12, el diseño se enfocó en no dañar las edificaciones aledañas a los tramos de la intersección, por lo que se vio la necesidad de disminuir las velocidades a 60 Km/h para la vía rápida y a 40 Km/ h para la panamericana Biblián de tal manera que los radios mínimos se proyecte sobre la geometría actual.

En cuanto a la seguridad de la intersección, se ha cumplido en reducir el grado de accidentabilidad, puesto que se logró bajar de los 32 puntos de conflicto existentes a 7 puntos de conflicto, en lo que concierne a flujos y velocidades de circulación no se lograron cumplir puesto que se tuvo que disminuir de 80 km/h a 60 km/h en la vía rápida y de 60 km/h a 40 km/h en la carretera Panamericana para cumplir con el diseño geométrico. Para realizar el estudio se necesitaron datos del conteo vehicular y levantamiento topográfico lo cuales se realizaron exitosamente.



7.2. Recomendaciones

Al diseñar un carril de desaceleración para los giros de E4-S1 se genera taludes pronunciados con una altura aproximada a los 5 metros, en la cual se recomienda realizar la construcción de muros de contención a fin de garantizar la seguridad y la estabilidad de las viviendas implicadas.

En la intersección actual lo más recomendable sería la implementación de semáforos debido a su impacto económico, social y ambiental, pero debido a que se encuentra ubicada en una vía rápida, frenaría el tráfico formando colas de congestionamiento, por lo que necesariamente se debería considerar un rediseño de esta intersección en los próximos años.

Otro tema importante es verificar que todos los equipos utilizados para la topografía se encuentren en perfecto estado, de tal manera que faciliten el trabajo en campo y oficina y a su vez lograr un buen diseño de la intersección.

En cuanto a la topografía, a la hora de realizar el trabajo en campo se recomienda realizar una poligonal cerrada, ajustarla y posteriormente realizar el levantamiento por el método de radiación desde cada uno de los deltas presentes en la poligonal, de esta manera se corrigen errores de cierre muy comunes, evitando la pérdida de la información.

Por último, se recomienda la pronta elaboración de Normas y Reglamentos para el diseño y construcción de intersecciones, intercambiadores, pasos a desnivel dentro del ámbito urbano y suburbano en Ecuador.



Referencias

- Akcelik, R. (1983). Progress in Fuel Consumption Modelling for Urban Traffic Management. Publ. Aust. Road Res. Board.
- Archer, J. (2005). Indicators for traffic safety assessment and prediction and their application in micro-simulation modelling: A study of urban and suburban intersections. R. Inst. Technol. Dep. Infrastructure, Div. Transp. Logist. Cent. Transp.
- Bastos, A., Vasconcelos, L., & Santos, S. (2015, marzo25). Moving from Conventional Roundabouts to Turbo-Roundabouts. Science Direct Base de datos., pp. 3-9.
- Board, T. (2000, October). Highway Capacity Manual. Washington DC: National research council.
- Cal, R., Reyes, M., & Cárdenas, J. (2006). Ingeniería del Tránsito Fundamentos y Aplicaciones. México: Alfaomega S.A.
- Chocontá, P. (2008). Diseño Geométrico de Vías. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Calabria, U. (2017). UNICAL (TIS Group). *Tritone: Transport innovation software*.
- Lowell City Council. (2015, febrero 1). Lord Overpass: A 150 Year History. Lowell, p.1.
- Ecologistas en acción. (diciembre 1, 2009). Emisiones de CO2 de los vehículos convencionales e híbridos. abril 4, 2019, de Ecologistas en acción Sitio web: <https://www.ecologistasenaccion.org/16233/2-emisiones-de-co2-de-los-vehiculos-convencionales-e-hibridos/>
- Ministerio de transporte y obras públicas del Ecuador. (2013). Volumen N°2-libro A norma 'para estudios y diseños viales. Quito: Normativa Ecuatoriana vial NEVI 12 MTOP.
- Ministerio de fomento. (2016). Instrucción de Carreteras Norma 3.1-IC. Madrid: Dirección general de carreteras.
- García, E., Vidaña, J., & Rodríguez, A. (2015, agosto 1). Análisis y Evaluación de Intersecciones Urbanas. Culcyt//Vialidad, pp. 51-60.
- Gasulla, M. (2011, julio 12). Estudio y mejora de la capacidad y funcionalidad de glorietas con flujos de tráfico descompensados mediante microsimulación de tráfico. El Saler, 1-10.
- Gordillo, D., & Miguitama, B. (2018, mayo 3). Determinación de los factores de mayoración del tráfico promedio diario anual (TPDA) partiendo de datos históricos de zonas representativas de la ciudad de Cuenca. p.31.
- Hernández, G., Vidaña, J., & Rodríguez, A. (2015, agosto 1). Problemática en Intersecciones Viales de Áreas Urbanas: Causas y Soluciones. Culcyt//Vialidad, 1, pp. 25-26.
- Ministerio de Transporte. (2008). Manual de Diseño Geométrico de Carreteras. Colombia: Instituto nacional de vías.



Ministerio de transporte y obras públicas. (2013, septiembre 4). MTOP inicia proceso para contratar la reconstrucción de la vía rápida Cuenca-Azogues-Biblián. Azogues. 2018, febrero 20, de Ministerio de transporte y obras públicas Sitio web: https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/09/LOTAIP_8_5_reconstruccion-via-rapida-cuenca-azogues-biblian.pdf

American Association of State Highway and Transportation Officials. (2001). A Policy on Geometric Design of Highways and Streets. Washington, D.C: American Association of State Highway and Transportation Officials.

Peter, S. (2015, agosto 27). Peak Traffic Problems Reduced. ITS international, 1, p.5.

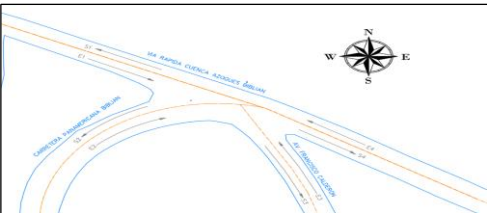




Porras, H., & Martinez, Y. (2011, marzo 4). Intersecciones tipo diamante divergente, análisis de implementación en ciudades colombianas. Tecnura, pp. 10-23.

Villalón, G., Torres, M., & Flores, M. (2017). Sistema de detección de señales de tráfico para la localización de intersecciones viales y frenado anticipado. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial*, 153-162.

Vincenzo Pasquale, G. (2016). *Manuale di Tritone*. Recuperado de <http://systemgvp.altervista.org/images/download/tritone/guida.pdf>





Anexos

Tabla 44. Volumen y Factor de Máxima Demanda ESTACION 1 (E1)

VOLUMEN Y FACTOR HORARIO DE MAXIMA DEMANDA DE LA ESTACION No 1									
ESQUEMA Y UBICACION DE LA ESTACION									
CALLE:	Via Rapida								
ESTACION No:	1								
ASIGNACION:	E1								
SENTIDO:	NO-SE								
FECHA:	12/9/2018								
									
CONTEO VOLUMETRICO CLASIFICADO									
PERIODO DE 15 min	LIVIANOS 	BUSES 	CAMIONES			MOTOS	BICICLETAS	TOTAL	
			2 EJES 	3 EJES 	4 EJES O MAS				
8:00-8:15	34	0	6	2		0	0	42	
8:15-8:30	31	0	9	0	3	0	0	43	
8:30-8:45	40	0	6	1	3	0	0	50	
8:45-9:00	43	0	7	1	3	0	0	54	
9:00-9:15	40	1	3	2	3	0	0	49	
9:15-9:30	37	0	2	1	2	0	0	42	
9:30-9:45	44	0	5	0	1	0	1	51	
9:45-10:00	34	0	6	2	1	0	0	43	
10:00-10:15	30	0	6	2	4	0	0	42	
10:15-10:30	25	0	4	2	2	0	0	33	
10:30-10:45	40	0	4	3	0	0	0	47	
10:45-11:00	34	1	9	0	1	0	0	45	
11:00-11:15	19	0	9	3	4	0	0	35	
11:15-11:30	24	0	7	0	2	0	0	33	
11:30-11:45	25	0	10	0	5	0	0	40	
11:45-12:00	22	0	5	2	5	0	0	34	
12:00-12:15	22	0	2	1	3	0	0	28	
12:15-12:30	31	0	7	0	3	0	0	41	
12:30-12:45	25	0	4	4	3	0	0	36	
12:45-13:00	31	0	12	1	5	0	0	49	
13:00-13:15	32	1	8	0	6	0	0	47	
13:15-13:30	26	0	6	0	4	0	0	36	
13:30-13:45	33	2	11	1	2	0	0	49	
13:45-14:00	31	1	11	1	2	0	0	46	
14:00-14:15	22	2	3	4	2	0	0	33	
14:15-14:30	26	1	5	2	3	1	0	38	
14:30-14:45	26	0	3	1	4	1	0	35	
14:45-15:00	19	1	6	4	2	0	0	32	
15:00-15:15	27	0	11	0	1	0	0	39	
15:15-15:30	36	1	6	0	4	0	0	47	
15:30-15:45	31	0	6	1	3	1	0	42	
15:45-16:00	27	0	4	2	3	0	0	36	
16:00-16:15	21	1	9	1	6	0	0	38	
16:15-16:30	29	0	5	0	3	0	0	37	
16:30-16:45	24	2	3	0	7	0	0	36	
16:45-17:00	24	0	7	0	2	0	0	33	
17:00-17:15	39	0	4	0	5	0	0	48	
17:15-17:30	41	1	7	2	3	0	0	54	
17:30-17:45	19	1	7	4	3	0	0	34	
17:45-18:00	28	0	4	1	5	0	0	38	
TOTAL	1192	16	249	51	123	3	1	1635	
COMPOSICION DEL TRANSITO (%)									
VHMD	Qmax	FHMD	LIVIANOS	BUSES	C 2 EJES	C 3 EJES	C 4 O MAS	MOTOS	BICICLETAS
196	54	0.91	72.91%	0.98%	15.23%	3.12%	7.52%	0.18%	0.06%
Nota: FHMD=0,91. La E1 presenta flujo vehicular uniforme sin congestionamiento vehicular.									

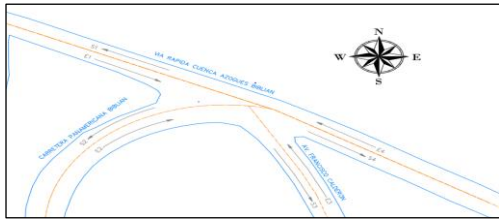




Nota: FHMD=0,91. La E1 presenta flujo vehicular uniforme sin congestionamiento vehicular.

Tabla 45. Volumen y Factor de Máxima Demanda ESTACION 2 (S1)

VOLUMEN Y FACTOR HORARIO DE MAXIMA DEMANDA DE LA ESTACION No 2								
ESQUEMA Y UBICACION DE LA ESTACION								
CALLE:	Via Rapida							
ESTACION No:	2							
ASIGNACION:	S1							
SENTIDO:	SE-NO							
FECHA:	12/9/2018							
CONTEO VOLUMETRICO CLASIFICADO								
PERIODO DE 15 min	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES			MOTOS	BICICLETAS	TOTAL
			2 EJES 	3 EJES 	4 EJES O MAS			
8:00-8:15	42	1	17	3	4	0	0	67
8:15-8:30	30	0	9	4	2	0	0	45
8:30-8:45	29	2	6	1	3	2	0	43
8:45-9:00	41	0	9	0	8	0	0	58
9:00-9:15	30	0	8	0	2	1	0	41
9:15-9:30	29	0	1	1	5	0	1	37
9:30-9:45	28	0	6	2	2	0	0	38
9:45-10:00	39	0	11	1	8	0	0	59
10:00-10:15	29	0	9	2	1	0	0	41
10:15-10:30	19	0	4	1	4	1	0	29
10:30-10:45	20	1	1	0	5	0	0	27
10:45-11:00	27	0	10	1	6	0	0	44
11:00-11:15	30	1	3	0	2	0	0	36
11:15-11:30	17	0	3	0	4	0	0	24
11:30-11:45	27	0	4	1	0	0	0	32
11:45-12:00	30	0	4	1	3	0	0	38
12:00-12:15	27	0	5	0	1	0	0	33
12:15-12:30	32	1	5	1	3	0	0	42
12:30-12:45	29	0	2	1	1	0	0	33
12:45-13:00	27	0	1	1	0	0	0	29
13:00-13:15	20	0	7	0	2	0	0	29
13:15-13:30	39	0	5	1	2	0	0	47
13:30-13:45	30	0	5	1	1	0	0	37
13:45-14:00	29	0	9	0	1	1	0	40
14:00-14:15	30	1	7	0	1	0	0	39
14:15-14:30	39	0	7	0	0	0	0	46
14:30-14:45	42	0	8	1	0	0	0	51
14:45-15:00	39	0	3	1	2	0	0	45
15:00-15:15	36	0	3	2	2	0	0	43
15:15-15:30	35	0	3	2	2	0	0	42
15:30-15:45	33	0	3	0	3	0	0	39
15:45-16:00	41	1	4	2	2	0	0	50
16:00-16:15	47	4	7	3	2	0	0	63
16:15-16:30	29	0	6	0	0	0	0	35
16:30-16:45	41	1	11	1	3	0	0	57
16:45-17:00	45	0	8	0	1	1	0	55
17:00-17:15	49	0	9	1	0	0	0	59
17:15-17:30	37	2	9	0	6	1	0	55
17:30-17:45	59	1	6	1	1	0	0	68
17:45-18:00	42	1	6	1	1	0	0	51
TOTAL	1344	17	244	38	96	7	1	1747
COMPOSICION DEL TRANSITO (%)								
VHMD	Qmax	FHMD	LIVIANOS	BUSES	C 2 EJES	C 3 EJES	C 4 O MAS	MOTOS
236	67	0.88	76.93%	0.97%	13.97%	2.18%	5.50%	0.40%
								0.06%





Nota: FHMD=0,88. La S1 presenta flujo vehicular con distribución casi uniforme.

Tabla 46. Volumen y Factor de Máxima Demanda ESTACION 3 (E2)

VOLUMEN Y FACTOR HORARIO DE MAXIMA DEMANDA DE LA ESTACION No 3									
CALLE:			Carretera Panamericana						
ESTACION No:			3						
ASIGNACION:			E2						
SENTIDO:			S-SE						
FECHA:			12/9/2018						
ESQUEMA Y UBICACION DE LA ESTACION									
									
CONTEO VOLUMETRICO CLASIFICADO									
PERIODO DE 15 min	LIVIANOS 	BUSES 	CAMIONES			MOTOS	BICICLETAS	TOTAL	
			2 EJES 	3 EJES 	4 EJES O MAS				
8:00-8:15	13	3	2	0	1	0	0	19	
8:15-8:30	18	2	1	0	0	0	0	21	
8:30-8:45	26	2	1	0	0	1	0	30	
8:45-9:00	26	3	3	0	0	0	0	32	
9:00-9:15	21	2	3	0	0	0	0	26	
9:15-9:30	19	3	1	0	0	0	0	23	
9:30-9:45	11	2	1	0	0	0	0	14	
9:45-10:00	9	3	0	0	0	0	0	12	
10:00-10:15	11	1	1	0	0	0	0	13	
10:15-10:30	4	3	1	0	0	0	0	8	
10:30-10:45	17	1	1	0	0	0	0	19	
10:45-11:00	13	2	1	0	0	1	0	17	
11:00-11:15	16	1	1	0	0	0	1	19	
11:15-11:30	15	1	1	1	0	0	0	18	
11:30-11:45	21	0	0	0	0	0	0	21	
11:45-12:00	33	2	3	0	0	0	0	38	
12:00-12:15	17	2	0	0	0	0	0	19	
12:15-12:30	28	2	1	0	0	0	0	31	
12:30-12:45	26	3	3	0	0	0	0	32	
12:45-13:00	18	1	2	0	0	2	0	23	
13:00-13:15	14	3	0	0	0	0	0	17	
13:15-13:30	15	3	2	1	0	1	0	22	
13:30-13:45	12	2	0	0	0	0	0	14	
13:45-14:00	20	1	1	0	0	0	0	22	
14:00-14:15	23	1	2	0	0	0	0	26	
14:15-14:30	13	1	2	0	0	1	0	17	
14:30-14:45	12	2	0	0	0	0	0	14	
14:45-15:00	21	2	0	0	0	0	0	23	
15:00-15:15	24	2	3	0	0	0	0	29	
15:15-15:30	19	1	1	0	0	0	0	21	
15:30-15:45	17	1	0	0	0	0	1	19	
15:45-16:00	23	1	1	0	0	0	0	25	
16:00-16:15	24	0	1	0	0	0	0	25	
16:15-16:30	17	1	1	1	0	0	0	20	
16:30-16:45	22	1	3	0	0	0	0	26	
16:45-17:00	20	3	4	0	0	0	0	27	
17:00-17:15	19	2	1	1	0	0	0	23	
17:15-17:30	28	0	3	0	0	0	0	31	
17:30-17:45	18	3	2	0	0	0	0	23	
17:45-18:00	24	3	3	3	0	0	0	33	
TOTAL	747	72	57	7	1	6	2	892	
COMPOSICION DEL TRANSITO (%)									
VHMD	Qmax	FHMD	LIVIANOS	BUSES	C 2 EJES	C 3 EJES	C 4 O MAS	MOTOS	BICICLETAS
120	32	0.94	83.74%	8.07%	6.39%	0.78%	0.11%	0.67%	0.22%





Nota: FHMD=0,94. La E2 presenta flujo vehicular uniforme sin congestionamiento vehicular.

Tabla 47. Volumen y Factor de Máxima Demanda ESTACION 4 (S2)

VOLUMEN Y FACTOR HORARIO DE MAXIMA DEMANDA DE LA ESTACION No 4									
ESQUEMA Y UBICACION DE LA ESTACION									
CALLE:	Carretera Panamericana								
ESTACION No:	4								
ASIGNACION:	S2								
SENTIDO:	NO-S								
FECHA:	12/9/2018								
CONTEO VOLUMETRICO CLASIFICADO									
PERIODO DE 15 min	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES			MOTOS	BICICLETAS	TOTAL	
			2 EJES 	3 EJES 	4 EJES O MAS				
8:00-8:15	5	1	4	0	0	0	0	10	
8:15-8:30	15	3	0	0	0	1	0	19	
8:30-8:45	21	2	4	0	1	0	0	28	
8:45-9:00	17	1	0	0	0	0	0	18	
9:00-9:15	14	1	2	0	0	1	0	18	
9:15-9:30	18	4	0	0	0	0	0	22	
9:30-9:45	15	2	0	0	0	0	0	17	
9:45-10:00	18	4	2	0	0	0	0	24	
10:00-10:15	17	2	2	0	0	1	0	22	
10:15-10:30	15	1	3	0	0	1	0	20	
10:30-10:45	17	4	1	0	0	0	0	22	
10:45-11:00	23	1	1	0	0	1	0	26	
11:00-11:15	20	1	3	0	0	0	0	24	
11:15-11:30	22	2	7	0	0	0	0	31	
11:30-11:45	16	2	3	0	0	0	0	21	
11:45-12:00	30	4	0	0	0	0	0	34	
12:00-12:15	16	1	4	0	0	1	0	22	
12:15-12:30	14	2	3	0	1	0	0	20	
12:30-12:45	14	2	2	0	0	1	0	19	
12:45-13:00	36	4	2	1	0	1	0	44	
13:00-13:15	21	1	4	0	0	0	0	26	
13:15-13:30	36	3	0	0	0	0	0	39	
13:30-13:45	22	3	0	0	0	0	0	25	
13:45-14:00	18	1	2	0	0	0	0	21	
14:00-14:15	26	3	4	0	0	0	0	33	
14:15-14:30	10	2	1	2	0	0	0	15	
14:30-14:45	20	3	2	0	0	0	0	25	
14:45-15:00	12	0	1	0	0	0	0	13	
15:00-15:15	25	4	0	0	0	1	0	30	
15:15-15:30	24	0	3	0	0	0	0	27	
15:30-15:45	16	3	3	0	0	0	0	22	
15:45-16:00	22	1	1	0	0	0	0	24	
16:00-16:15	30	2	3	0	0	0	0	35	
16:15-16:30	26	3	0	0	0	0	0	29	
16:30-16:45	24	3	2	0	0	0	0	29	
16:45-17:00	25	0	0	0	1	0	0	26	
17:00-17:15	33	1	2	1	0	2	0	39	
17:15-17:30	28	0	2	0	0	0	0	30	
17:30-17:45	19	1	1	0	0	1	0	22	
17:45-18:00	22	3	3	3	0	1	0	32	
TOTAL	822	81	77	7	3	13	0	1003	
COMPOSICION DEL TRANSITO (%)									
VHMD	Qmax	FHMD	LIVIANOS	BUSES	C 2 EJES	C 3 EJES	C 4 O MAS	MOTOS	BICICLETAS
133	43	0.77	81.95%	8.08%	7.68%	0.70%	0.30%	1.30%	0.00%

Nota: FHMD=0,77. La Estación S2 presenta flujo vehicular uniforme sin congestionamiento vehicular.





Tabla 48. Volumen y Factor de Máxima Demanda ESTACION 5 (E3)

VOLUMEN Y FACTOR HORARIO DE MAXIMA DEMANDA DE LA ESTACION No 5									
ESQUEMA Y UBICACION DE LA ESTACION									
CALLE:	Av.Fransisco Calderon								
ESTACION No:	5								
ASIGNACION:	E3								
SENTIDO:	S-NO								
FECHA:	12/9/2018								
CONTEO VOLUMETRICO CLASIFICADO									
PERIODO DE 15 min	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES			MOTOS	BICICLETAS	TOTAL	
			2 EJES 	3 EJES 	4 EJES O MAS				
8:00-8:15	4	0	0	0	0	0	0	4	
8:15-8:30	5	0	0	0	0	0	0	5	
8:30-8:45	5	0	0	0	0	0	0	5	
8:45-9:00	8	0	0	0	0	0	0	8	
9:00-9:15	2	0	0	0	0	0	0	2	
9:15-9:30	7	0	0	0	0	0	0	7	
9:30-9:45	7	0	0	0	0	1	0	8	
9:45-10:00	3	0	1	0	0	0	0	4	
10:00-10:15	3	0	0	0	0	0	0	3	
10:15-10:30	3	0	1	0	0	0	0	4	
10:30-10:45	1	0	0	0	0	0	0	1	
10:45-11:00	3	0	0	0	0	0	0	3	
11:00-11:15	4	0	1	0	0	0	0	5	
11:15-11:30	8	0	0	0	0	1	0	9	
11:30-11:45	0	0	0	0	0	0	0	0	
11:45-12:00	0	0	0	0	0	0	0	0	
12:00-12:15	7	0	5	0	0	1	0	13	
12:15-12:30	10	0	1	0	0	0	0	11	
12:30-12:45	5	0	0	0	0	0	0	5	
12:45-13:00	8	0	0	0	0	0	0	8	
13:00-13:15	7	0	1	0	0	0	0	8	
13:15-13:30	5	0	1	0	0	0	0	6	
13:30-13:45	3	0	0	0	0	0	0	3	
13:45-14:00	11	0	0	0	0	0	0	11	
14:00-14:15	5	0	0	0	0	0	0	5	
14:15-14:30	7	0	1	0	0	0	0	8	
14:30-14:45	2	0	0	0	0	1	0	3	
14:45-15:00	5	0	0	0	0	0	0	5	
15:00-15:15	4	0	1	0	0	0	0	5	
15:15-15:30	5	0	0	0	0	0	0	5	
15:30-15:45	4	0	1	0	0	1	0	6	
15:45-16:00	4	0	0	0	0	0	0	4	
16:00-16:15	5	0	1	0	0	0	0	6	
16:15-16:30	3	0	1	0	0	0	0	4	
16:30-16:45	2	0	0	0	0	0	0	2	
16:45-17:00	5	0	2	0	0	0	0	7	
17:00-17:15	3	0	0	0	0	0	0	3	
17:15-17:30	5	0	0	0	0	0	0	5	
17:30-17:45	7	1	0	0	0	0	0	8	
17:45-18:00	3	0	0	0	0	1	0	4	
TOTAL	188	1	18	0	0	6	0	213	
COMPOSICION DEL TRANSITO (%)									
VHMD	Qmax	FHMD	LIVIANOS	BUSES	C 2 EJES	C 3 EJES	C 4 O MAS	MOTOS	BICICLETAS
36	12	0.75	88.26%	0.47%	8.45%	0.00%	0.00%	2.82%	0.00%

Nota: FHMD=0,75. La Estación E3 presenta una distribución vehicular más o menos uniforme.







Tabla 49. Volumen y Factor de Máxima Demanda ESTACION 6 (S3)

VOLUMEN Y FACTOR HORARIO DE MAXIMA DEMANDA DE LA ESTACION No 6									
ESQUEMA Y UBICACION DE LA ESTACION									
CALLE:	Av.Fransisco Calderon								
ESTACION No:	6								
ASIGNACION:	S3								
SENTIDO:	NO-S								
FECHA:	12/9/2018								
CONTEO VOLUMETRICO CLASIFICADO									
PERIODO DE 15 min	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES			MOTOS	BICICLETAS	TOTAL	
			2 EJES 	3 EJES 	4 EJES O MAS				
8:00-8:15	0	1	0	0	0	0	0	1	
8:15-8:30	3	0	0	0	0	0	0	3	
8:30-8:45	1	0	0	0	0	0	0	1	
8:45-9:00	4	0	0	0	0	0	0	4	
9:00-9:15	1	0	0	0	0	0	0	1	
9:15-9:30	2	0	0	0	0	0	0	2	
9:30-9:45	1	1	0	0	0	0	0	2	
9:45-10:00	1	1	0	0	0	0	0	2	
10:00-10:15	1	0	0	0	0	0	0	1	
10:15-10:30	2	0	0	0	0	0	0	2	
10:30-10:45	3	0	0	0	0	0	0	3	
10:45-11:00	1	0	0	0	0	0	0	1	
11:00-11:15	4	0	0	0	0	0	0	4	
11:15-11:30	4	0	0	0	0	0	0	4	
11:30-11:45	2	0	2	0	0	0	0	4	
11:45-12:00	0	0	0	0	0	0	0	0	
12:00-12:15	4	0	0	0	0	0	0	4	
12:15-12:30	5	0	4	0	0	1	0	10	
12:30-12:45	5	0	1	0	0	0	0	6	
12:45-13:00	5	0	0	0	0	0	0	5	
13:00-13:15	4	0	0	0	0	0	0	4	
13:15-13:30	4	0	0	0	0	0	0	4	
13:30-13:45	5	0	0	0	0	0	0	5	
13:45-14:00	4	0	0	0	0	0	0	4	
14:00-14:15	2	0	0	0	0	0	0	2	
14:15-14:30	2	0	0	0	0	0	0	2	
14:30-14:45	5	0	0	0	0	0	0	5	
14:45-15:00	3	0	0	0	0	0	0	3	
15:00-15:15	1	0	0	0	0	0	0	1	
15:15-15:30	1	0	0	0	0	0	0	1	
15:30-15:45	2	0	0	0	0	0	0	2	
15:45-16:00	2	0	0	0	0	0	0	2	
16:00-16:15	1	0	0	0	0	0	0	1	
16:15-16:30	1	0	0	0	0	0	0	1	
16:30-16:45	4	0	0	0	0	0	0	4	
16:45-17:00	4	0	1	0	0	0	0	5	
17:00-17:15	4	0	0	0	0	0	0	4	
17:15-17:30	8	0	0	0	0	0	0	8	
17:30-17:45	7	0	0	0	0	0	0	7	
17:45-18:00	3	0	0	0	0	0	0	3	
TOTAL	116	3	8	0	0	1	0	128	
COMPOSICION DEL TRANSITO (%)									
VHMD	Qmax	FHMD	LIVIANOS	BUSES	C 2 EJES	C 3 EJES	C 4 O MAS	MOTOS	BICICLETAS
24	9	0.67	90.63%	2.34%	6.25%	0.00%	0.00%	0.78%	0.00%

Nota: FHMD=0,67. La Estación S3 tiene una distribución de flujo de más o menos uniforme.

Tabla 50. Volumen y Factor de Máxima Demanda ESTACION 7 (E4)

VOLUMEN Y FACTOR HORARIO DE MAXIMA DEMANDA DE LA ESTACION No 7									
ESQUEMA Y UBICACION DE LA ESTACION									
CALLE:	Via Rapida								
ESTACION No:	7								
ASIGNACION:	E4								
SENTIDO:	SE-NO								
FECHA:	12/9/2018								
CONTEO VOLUMETRICO CLASIFICADO									
PERIODO DE 15 min	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES			MOTOS	BICICLETAS	TOTAL	
			2 EJES 	3 EJES 	4 EJES O MAS				
8:00-8:15	74	3	12	2	6	1	0	98	
8:15-8:30	45	2	10	3	2	0	0	62	
8:30-8:45	60	7	7	4	4	5	0	87	
8:45-9:00	52	1	9	0	5	0	0	67	
9:00-9:15	47	1	6	0	3	0	0	57	
9:15-9:30	59	6	2	2	4	0	1	74	
9:30-9:45	45	1	7	3	2	1	0	59	
9:45-10:00	50	4	13	1	8	0	0	76	
10:00-10:15	47	2	10	2	1	0	0	62	
10:15-10:30	28	3	6	0	3	0	0	40	
10:30-10:45	35	2	4	1	6	0	0	48	
10:45-11:00	45	2	10	1	3	1	0	62	
11:00-11:15	53	2	4	1	2	1	0	63	
11:15-11:30	45	1	6	1	4	0	0	57	
11:30-11:45	56	1	4	1	0	1	0	63	
11:45-12:00	54	2	5	1	3	0	0	65	
12:00-12:15	51	2	8	0	1	0	0	62	
12:15-12:30	62	3	8	1	3	0	0	77	
12:30-12:45	57	3	3	2	1	0	0	66	
12:45-13:00	40	1	4	0	0	0	0	45	
13:00-13:15	40	3	8	0	2	0	0	53	
13:15-13:30	53	3	7	1	2	1	0	67	
13:30-13:45	38	3	7	1	2	1	0	52	
13:45-14:00	55	1	9	0	1	1	0	67	
14:00-14:15	49	2	7	1	0	0	0	59	
14:15-14:30	56	1	14	0	0	1	0	72	
14:30-14:45	54	2	7	1	0	1	0	65	
14:45-15:00	62	2	2	2	1	0	0	69	
15:00-15:15	62	3	6	1	3	0	0	75	
15:15-15:30	68	1	6	0	2	0	0	77	
15:30-15:45	51	1	4	0	3	0	1	60	
15:45-16:00	59	2	3	1	3	0	0	68	
16:00-16:15	75	4	9	2	2	0	0	92	
16:15-16:30	46	1	7	0	1	0	0	55	
16:30-16:45	59	2	11	2	3	0	0	77	
16:45-17:00	67	2	11	0	1	1	0	82	
17:00-17:15	64	2	10	1	0	1	0	78	
17:15-17:30	62	3	7	0	6	1	0	79	
17:30-17:45	85		7	1	4	0	0	97	
17:45-18:00	60	3	8	1	1	1	0	74	
TOTAL	2170	90	288	41	98	19	2	2708	
COMPOSICION DEL TRANSITO (%)									
VHMD	Qmax	FHMD	LIVIANOS	BUSES	C 2 EJES	C 3 EJES	C 4 O MAS	MOTOS	BICICLETAS
333	97	0.86	80.13%	3.32%	10.64%	1.51%	3.62%	0.70%	0.07%

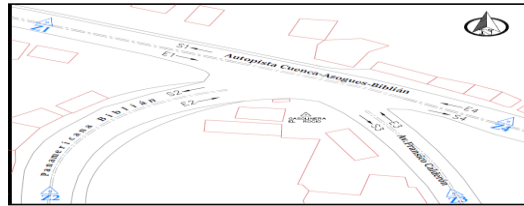
Nota: FHMD=0,86. La Estación presenta flujo vehicular uniforme sin congestionamiento vehicular.

Tabla 51. Volumen y Factor de Máxima Demanda ESTACION 8 (S4)

VOLUMEN Y FACTOR HORARIO DE MAXIMA DEMANDA DE LA ESTACION No 8

CALLE: Via Rapida
ESTACION No: 8
ASIGNACION: S4
SENTIDO: NO-SE
FECHA: 12/9/2018

ESQUEMA Y UBICACION DE LA ESTACION



CONTEO VOLUMETRICO CLASIFICADO

PERIODO DE 15 min	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES			MOTOS	BICICLETAS	TOTAL
			2 EJES	3 EJES	4 EJES O MAS			
8:00-8:15	50	2	10	0	0	0	0	62
8:15-8:30	51	3	6	1	3	2	0	66
8:30-8:45	89	3	11	2	6	0	0	111
8:45-9:00	48	0	1	0	2	0	1	52
9:00-9:15	62	2	8	3	3	1	0	79
9:15-9:30	56	4	2	0	3	0	0	65
9:30-9:45	61	3	5	0	1	0	0	70
9:45-10:00	52	3	9	2	1	0	0	67
10:00-10:15	41	2	7	2	4	1	0	57
10:15-10:30	50	1	7	2	2	0	0	62
10:30-10:45	56	3	5	2	0	0	0	66
10:45-11:00	62	2	10	1	3	1	0	79
11:00-11:15	48	1	14	3	5	0	0	71
11:15-11:30	52	3	12	0	3	0	0	70
11:30-11:45	51	2	11	0	5	0	0	69
11:45-12:00	49	4	5	1	5	0	0	64
12:00-12:15	47	2	6	1	3	1	0	60
12:15-12:30	58	2	14	0	4	0	0	78
12:30-12:45	42	2	7	3	3	1	0	58
12:45-13:00	75	4	13	1	5	1	0	99
13:00-13:15	57	2	12	0	6	0	0	77
13:15-13:30	58	4	8	0	5	0	0	75
13:30-13:45	61	5	12	1	2	0	0	81
13:45-14:00	52	2	5	1	3	0	0	63
14:00-14:15	49	4	7	3	2	0	0	65
14:15-14:30	44	3	9	5	5	1	0	67
14:30-14:45	51	3	4	1	4	1	0	64
14:45-15:00	35	2	8	0	3	0	0	48
15:00-15:15	52	4	12	0	1	1	0	70
15:15-15:30	60	1	14	0	4	0	0	79
15:30-15:45	51	3	9	1	3	1	0	68
15:45-16:00	57	1	3	2	3	0	0	66
16:00-16:15	49	3	11	2	4	0	0	69
16:15-16:30	58	1	5	0	4	0	0	68
16:30-16:45	52	5	5	0	7	0	0	69
16:45-17:00	46	0	8	0	3	0	0	57
17:00-17:15	69	2	4	1	5	5	0	86
17:15-17:30	70	1	9	2	3	0	0	85
17:30-17:45	47	2	7	4	4	1	0	65
17:45-18:00	54	3	6	3	5	1	0	72
TOTAL	2172	99	321	50	137	19	1	2799

VHMD	Qmax	FHMD	COMPOSICION DEL TRANSITO (%)						
			LIVIANOS	BUSES	C 2 EJES	C 3 EJES	C 4 O MAS	MOTOS	BICICLETAS
331	98	0.84	77.60%	3.54%	11.47%	1.79%	4.89%	0.68%	0.04%





Nota: FHMD=0,84. La Estación S4 tiene una distribución de flujo casi uniforme.

Tabla 52. Volumen y Factor de Máxima Demanda de la Intersección



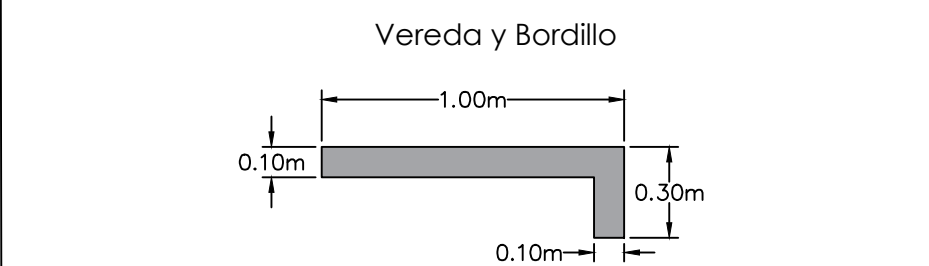
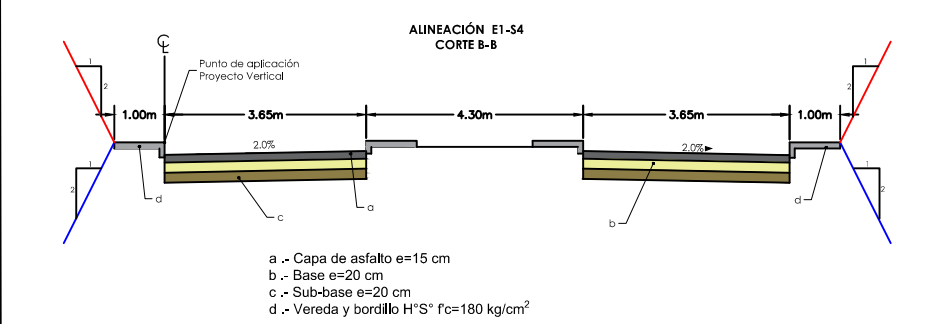
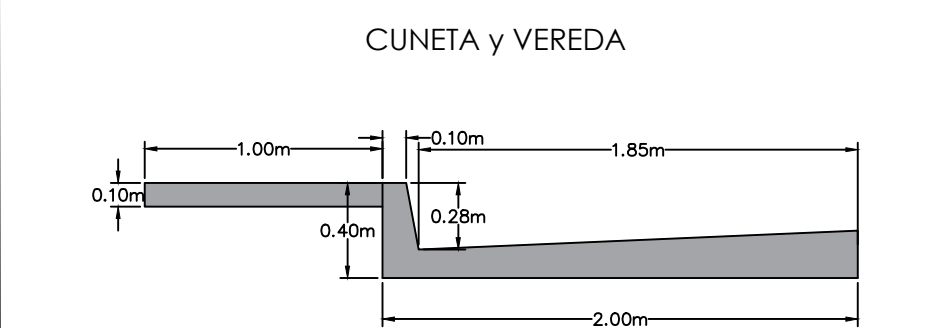
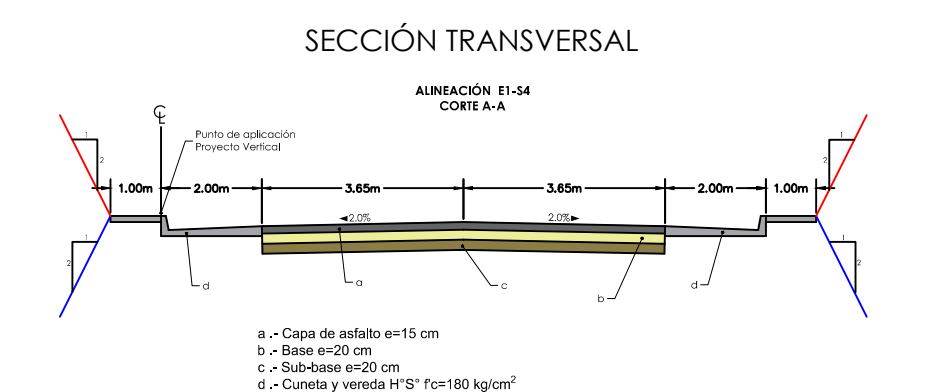
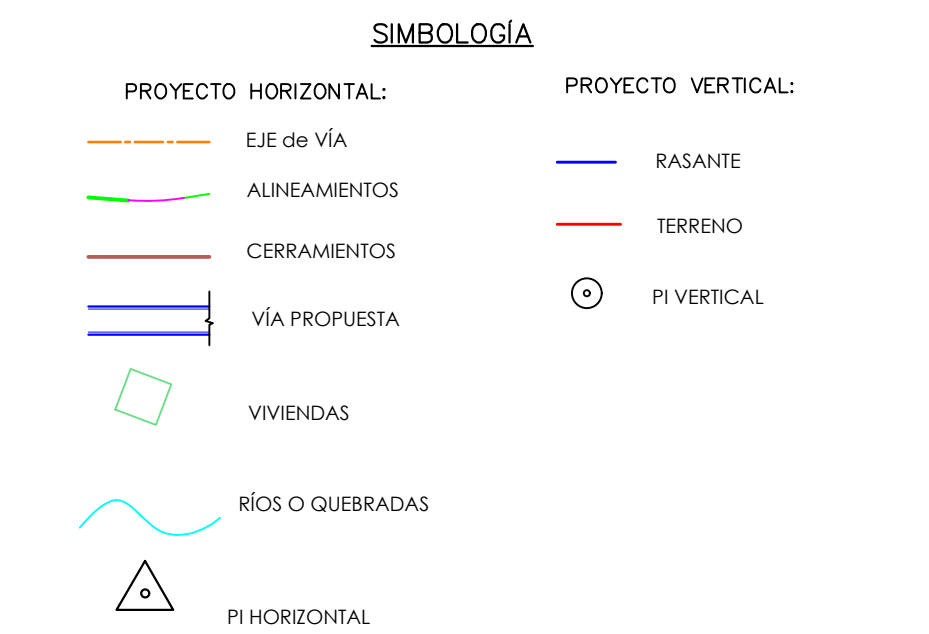
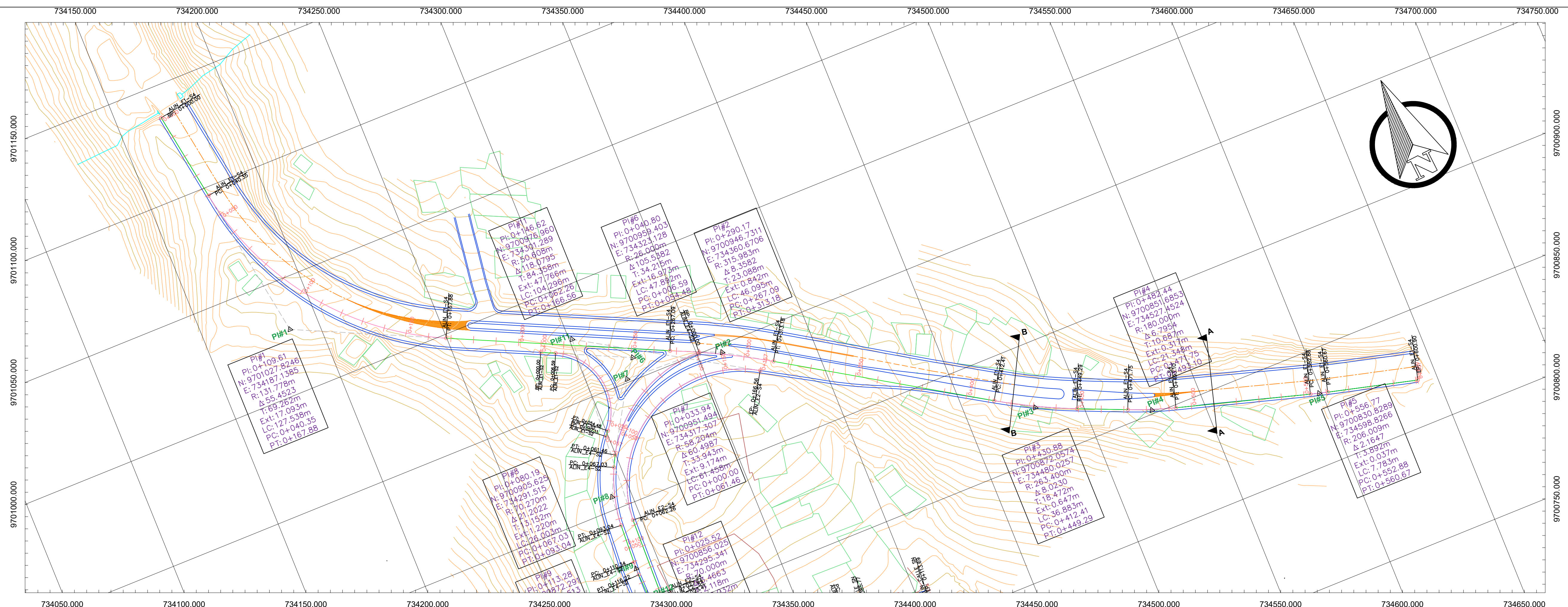
VOLUMEN Y FACTOR HORARIO DE MAXIMA DEMANDA DE LA INTERSECCION




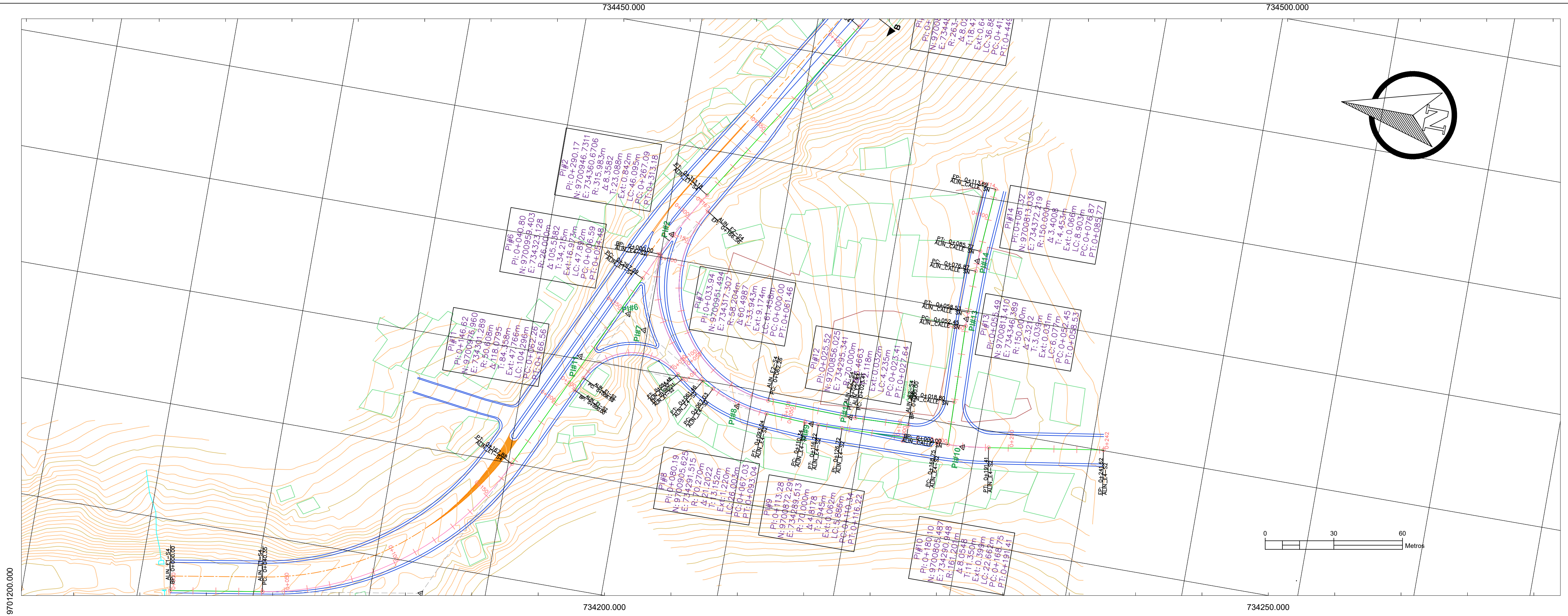
CONTEO VOLUMETRICO CLASIFICADO								
PERIODO DE 15 min	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES			MOTOS	BICICLETAS	TOTAL
			2 EJES	3 EJES	4 EJES O MAS			
								
8:00-8:15	125	6	20	4	7	1	0	163
8:15-8:30	99	4	20	3	5	0	0	131
8:30-8:45	131	9	14	5	7	6	0	172
8:45-9:00	129	4	19	1	8	0	0	161
9:00-9:15	110	4	12	2	6	0	0	134
9:15-9:30	122	9	5	3	6	0	1	146
9:30-9:45	107	3	13	3	3	2	1	132
9:45-10:00	96	7	20	3	9	0	0	135
10:00-10:15	91	3	17	4	5	0	0	120
10:15-10:30	60	6	12	2	5	0	0	85
10:30-10:45	93	3	9	4	6	0	0	115
10:45-11:00	95	5	20	1	4	2	0	127
11:00-11:15	92	3	15	4	6	1	1	122
11:15-11:30	92	2	14	2	6	1	0	117
11:30-11:45	102	1	14	1	5	1	0	124
11:45-12:00	109	4	13	3	8	0	0	137
12:00-12:15	97	4	15	1	4	1	0	122
12:15-12:30	131	5	17	1	6	0	0	160
12:30-12:45	113	6	10	6	4	0	0	139
12:45-13:00	97	2	18	1	5	2	0	125
13:00-13:15	93	7	17	0	8	0	0	125
13:15-13:30	99	6	16	2	6	2	0	131
13:30-13:45	86	7	18	2	4	1	0	118
13:45-14:00	117	3	21	1	3	1	0	146
14:00-14:15	99	5	12	5	2	0	0	123
14:15-14:30	102	3	22	2	3	3	0	135
14:30-14:45	94	4	10	2	4	3	0	117
14:45-15:00	107	5	8	6	3	0	0	129
15:00-15:15	117	5	21	1	4	0	0	148
15:15-15:30	128	3	13	0	6	0	0	150
15:30-15:45	103	2	11	1	6	2	2	127
15:45-16:00	113	3	8	3	6	0	0	133
16:00-16:15	125	5	20	3	8	0	0	161
16:15-16:30	95	2	14	1	4	0	0	116
16:30-16:45	107	5	17	2	10	0	0	141
16:45-17:00	116	5	24	0	3	1	0	149
17:00-17:15	125	4	15	2	5	1	0	152
17:15-17:30	136	4	17	2	9	1	0	169
17:30-17:45	129	5	16	5	7	0	0	162
17:45-18:00	115	6	15	5	6	2	0	149
TOTAL	4297	179	612	99	222	34	5	5448

VHMD	Qmax	FHMD	COMPOSICION DEL TRANSITO (%)							
			LIVIANOS	BUSES	C 2 EJES	C 3 EJES	C 4 EJES O MAS	C 4 O MAS	MOTOS	BICICLETAS
632	169	0.93	78.87%	3.29%	11.23%	1.82%	4.07%	4.07%	0.62%	0.09%

Nota: FHMD=0,93. La Intersección de Estudio presenta una distribución aproximadamente uniforme



		UNIVERSIDAD DE CUENCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL	
<i>DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA INTERSECCIÓN BILBIAN</i>			
OBSERVACIONES : Contiene vista en planta y perfil de la vía principal alineamiento E1-S4.		DISEÑO Y DIBUJO : Marcia Martínez Edwin Parati	
		REVISIÓN: <i>Ing. Juan Avilés</i>	
Sistema vial en planta y perfil		ESCALA: 1:1000	
		Cuenca, Abril 2019 PLANO 1/4	



SIMBOLOGÍA

PROYECTO HORIZONTAL:

EJE de VÍA

ALINEAMIENTOS

CERRAMIENTOS

VÍA PROPUESTA

VIVIENDAS

RÍOS O QUEBRADAS

PI HORIZONTAL

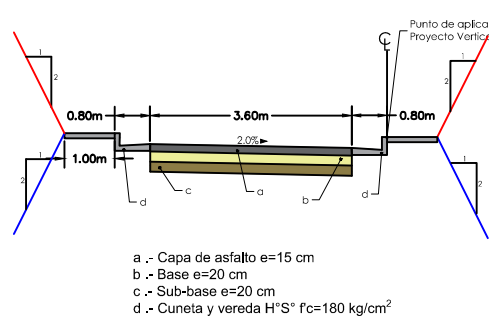
PROYECTO VERTICAL:

RASANTE

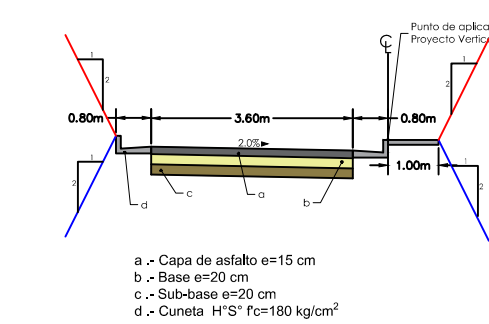
TERRENO

PI VERTICAL

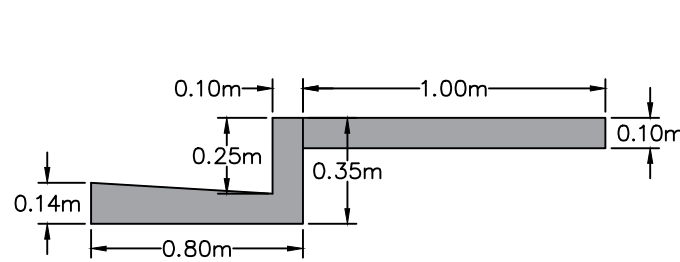
SECCIÓN TRANSVERSAL ALIN_E4-S2



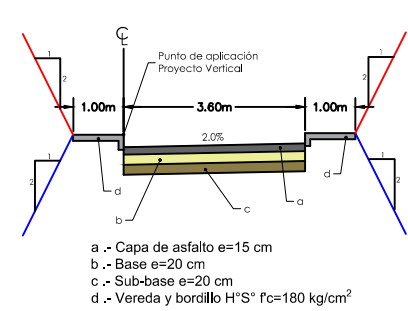
SECCIÓN TRANSVERSAL ALIN_E2-S4



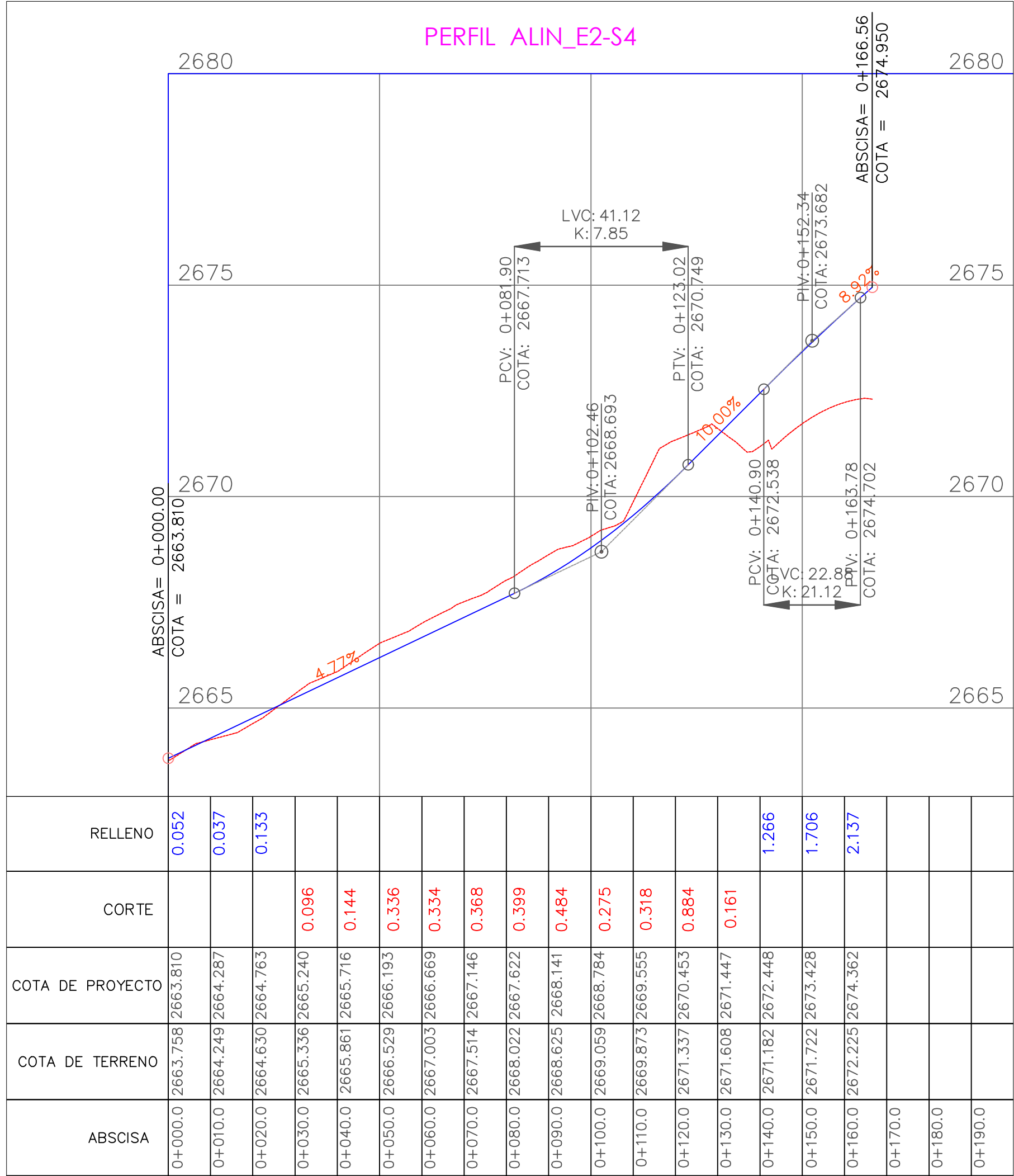
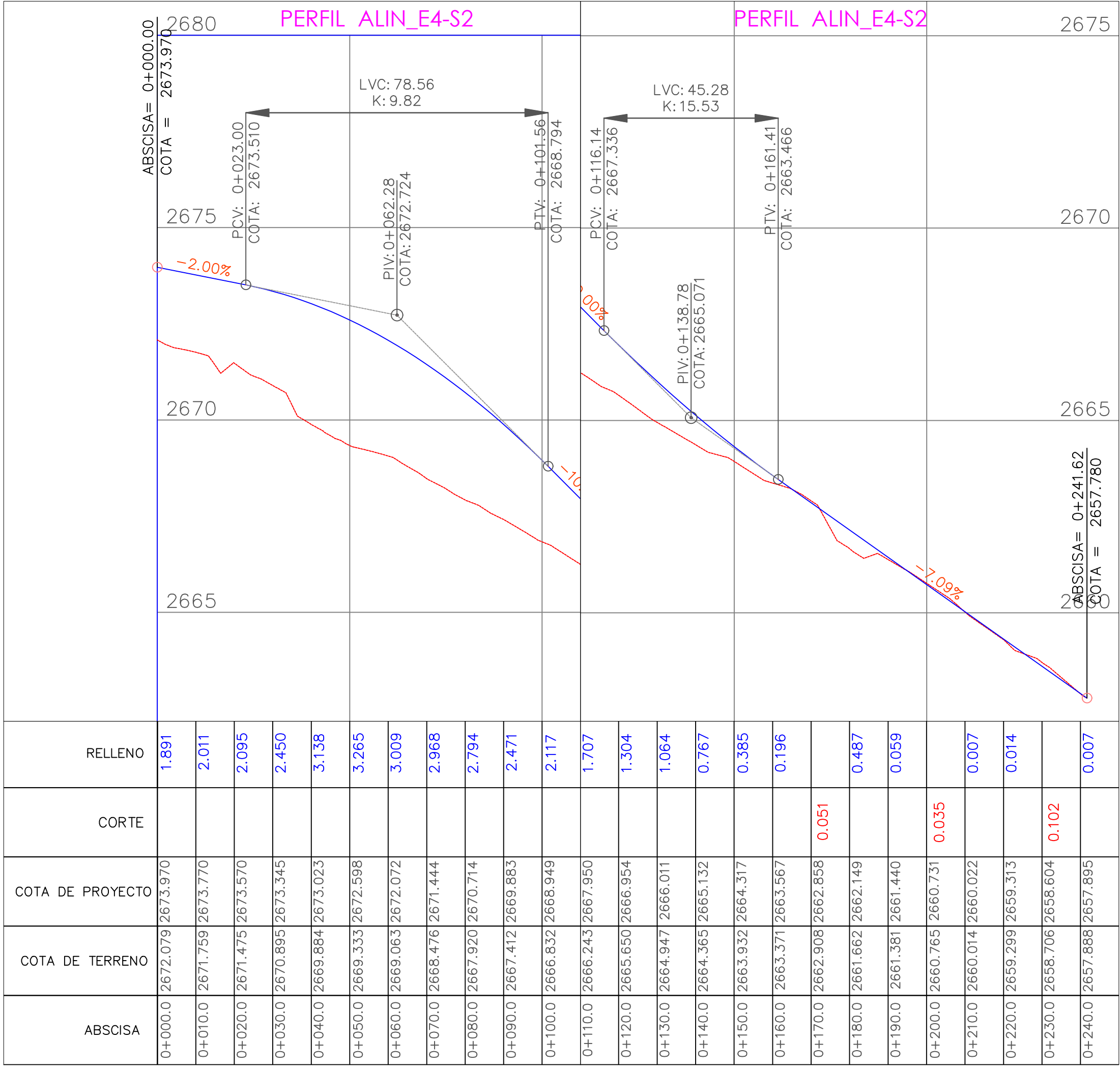
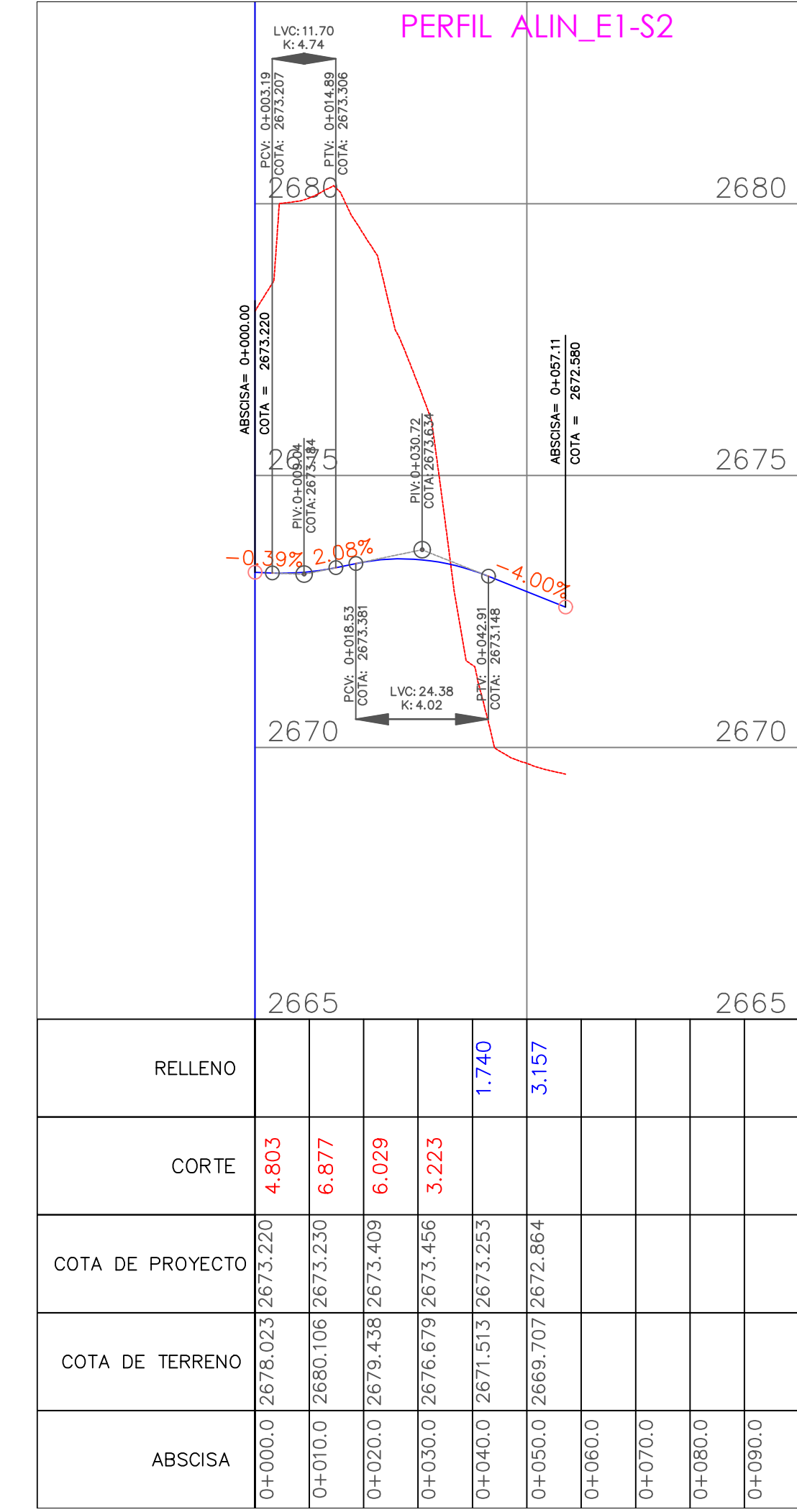
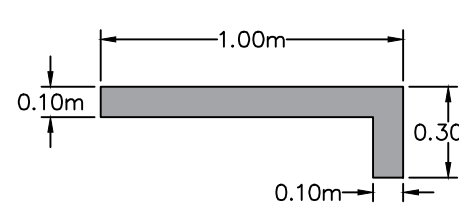
CUNETA Y VEREDA



SECCIÓN TRANSVERSAL ALIN_E1-S2



Vereda y Bordillo



UNIVERSIDAD DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA INTERSECCIÓN BIBLIAN

OBSERVACIONES :
Contiene vista en planta y perfil del ingreso y salida a la Panamericana Biblían alineamiento E1-S2, E4-S2 y E2-S4.

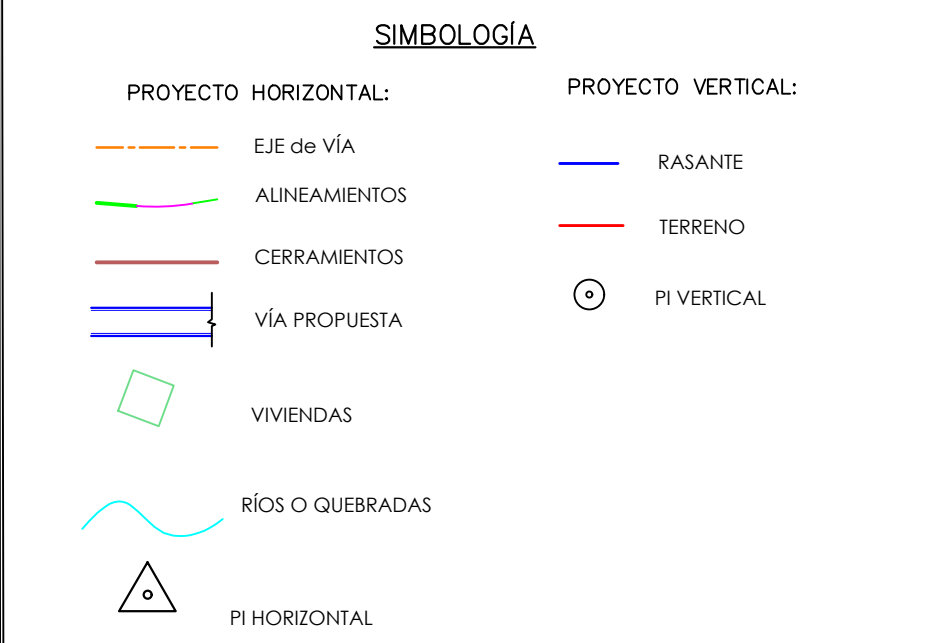
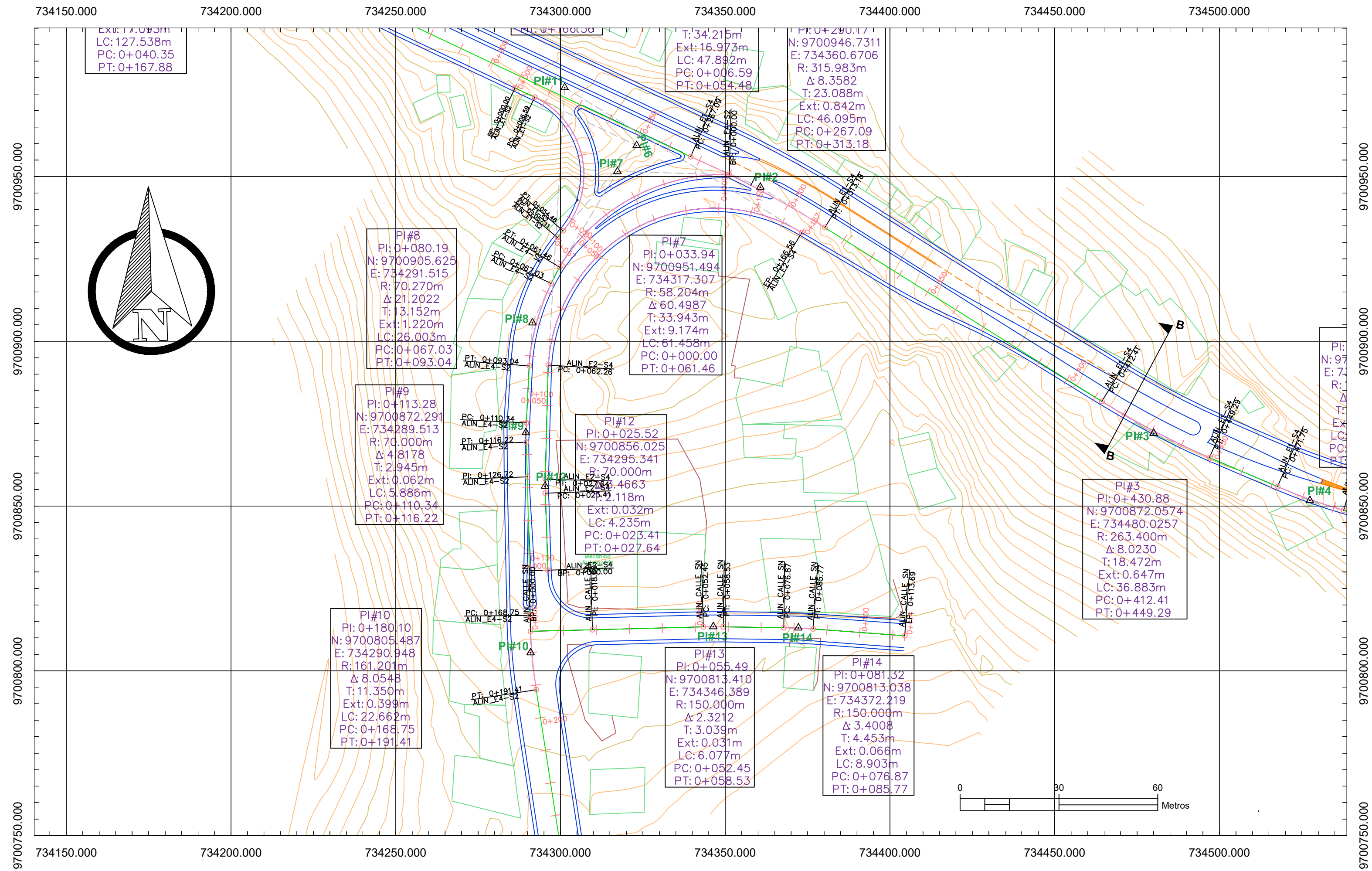
DISEÑO Y DIBUJO :
Marcia Martínez
Edwin Pañi

REVISIÓN:
Ing. Juan Avilés

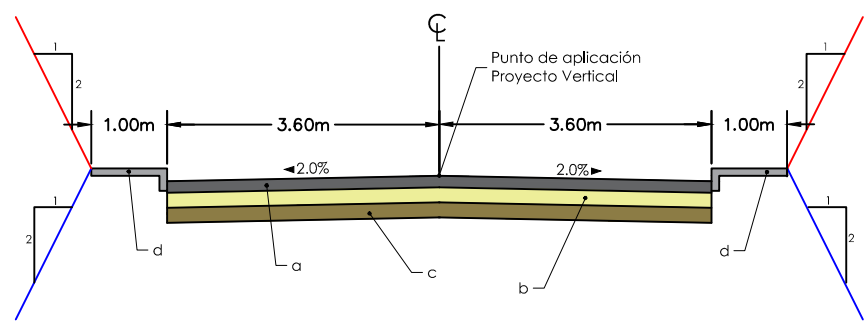
Sistema vial en planta y perfil

ESCALA:
1:1000

Cuenca, Abril 2019
PLANO 2/4

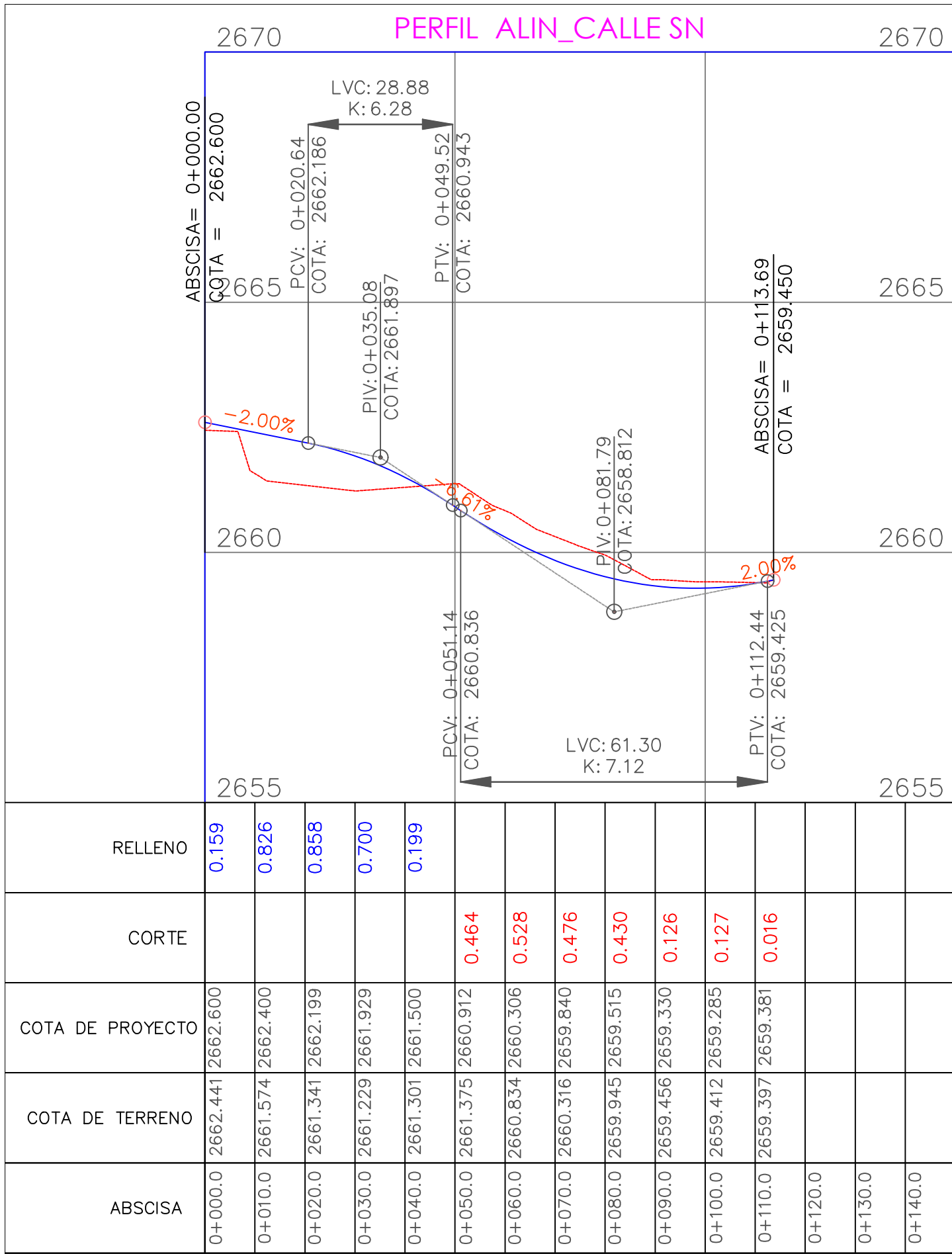
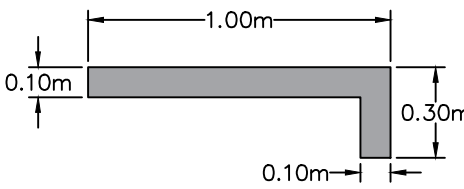


SECCIÓN TRANSVERSAL ALIN_CALLE SN



a - Capa de asfalto e=15 cm
b - Base e=20 cm
c - Sub-base e=20 cm
d - Vereda y bordillo H'S" Fc=180 kg/cm²

VEREDA Y BORDILLO



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

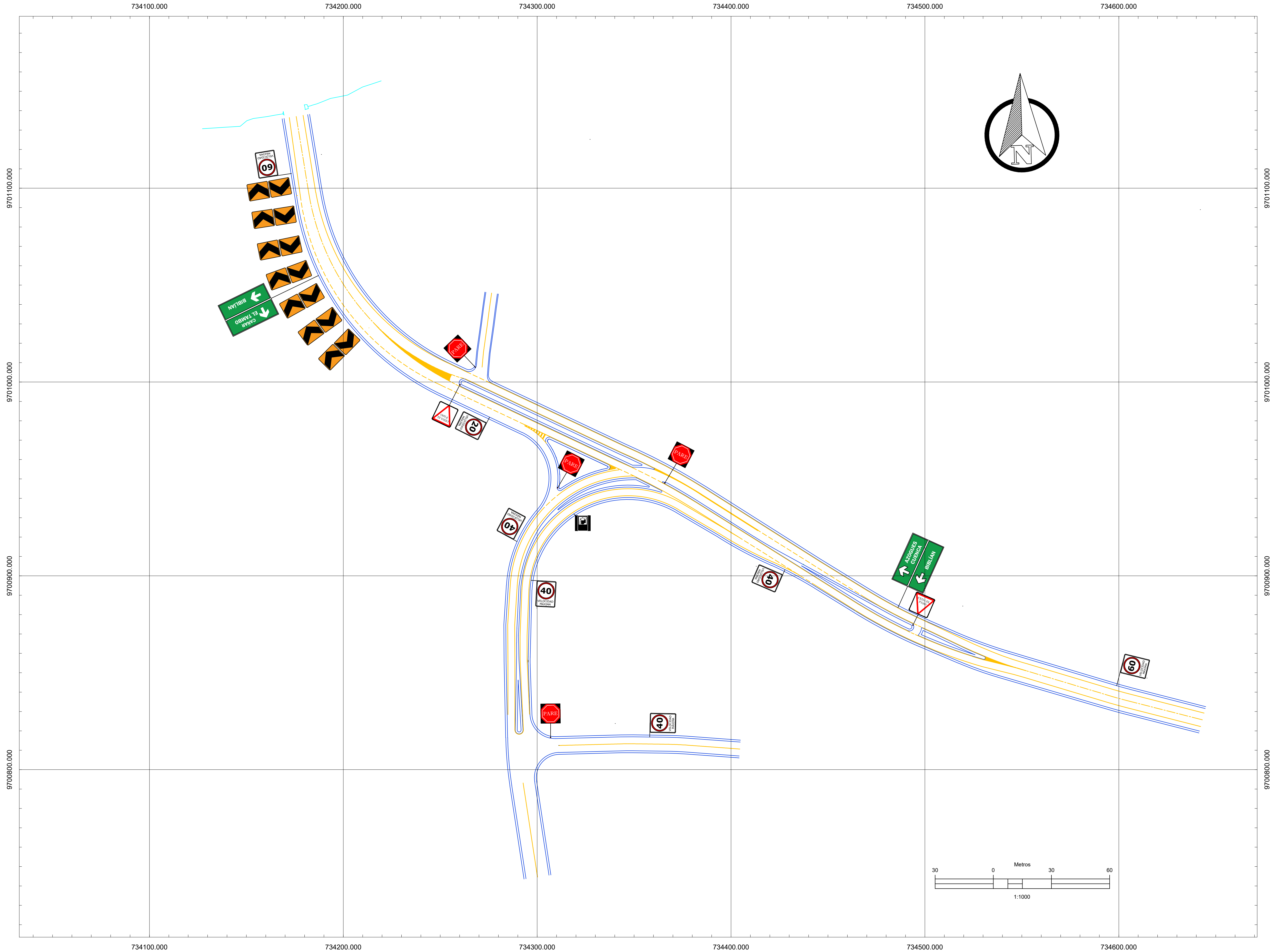
DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA INTERSECCIÓN BIBLIÁN

OBSERVACIONES :
Contiene vista en planta y perfil la calles sin nombre alineamiento Calle SN.

DISEÑO Y DIBUJO :
Marcia Martínez
Edwin Pañi

REVISIÓN:
Ing. Juan Avilés

Sistema vial en planta y perfil
ESCALA: 1:1000
Cuenca, Abril 2019
PLANO 3/4



SIMBOLOGÍA

PROYECTO HORIZONTAL:

- EJE DE LA VÍA
- VÍA PROPUESTA
- LIMITES DE CALZADA
- RÍOS O QUEBRADAS

SEÑALIZACIÓN UTILIZADA

VELOCIDAD MÁXIMA: 20, 40, 60

R4-1A

PARE

CEDA EL PASO

CAÑAR EL TAMBO

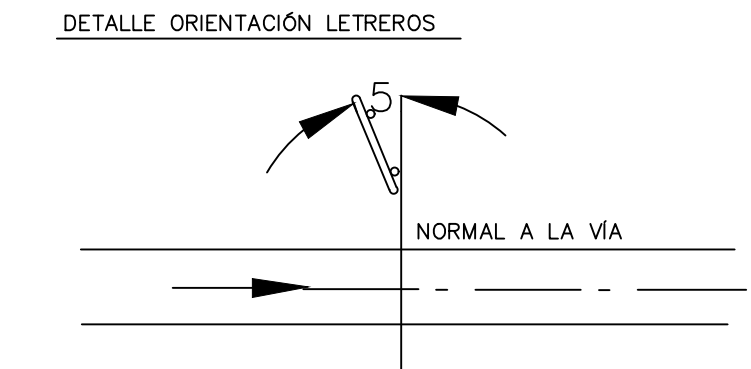
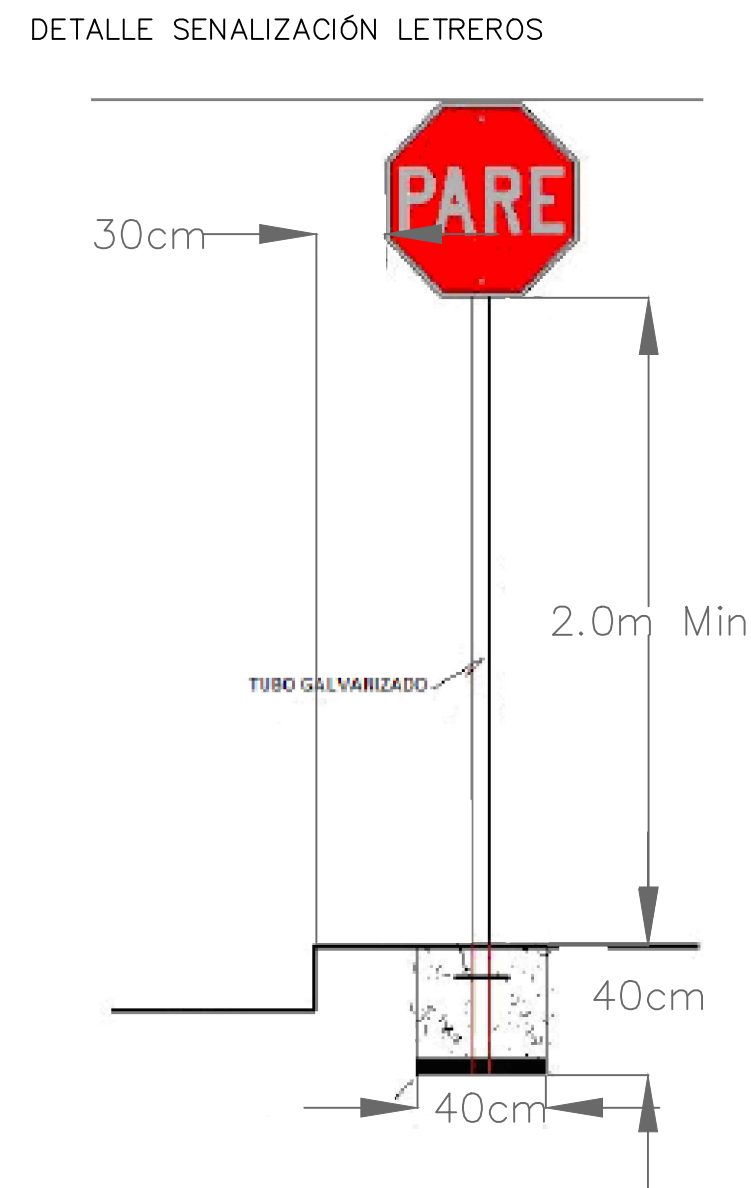
AZOGUES CUENCA

BIBLIÁN

BIBLIÁN

D6-2I

D6-2D



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA INTERSECCIÓN BIBLIÁN

OBSERVACIONES :
Contiene señalización utilizada en la intersección

DISEÑO Y DIBUJO :
Marcia Martínez
Edwin Pañi

REVISIÓN:
Ing. Juan Avilés

Señalización en planta.

ESCALA:
1:1000

Cuenca, Abril 2019
PLANO 4/4